



**ANA CONSTANÇA
FERREIRA TEIXEIRA**

**EMBRECHADOS DO BUÇACO: HISTÓRIA, TÉCNICA
E CARACTERIZAÇÃO: ESTUDO PARA A SUA
CONSERVAÇÃO.**



**ANA CONSTANÇA
FERREIRA TEIXEIRA**

**EMBRECHADOS DO BUÇACO: HISTÓRIA, TÉCNICA
E CARACTERIZAÇÃO. ESTUDO PARA A SUA
CONSERVAÇÃO.**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizado sob a orientação científica da Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa, Professora Associada do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e do Doutor Luís Filipe Mariz de Matos Ferreira, Investigador da Unidade de Investigação GEOBIOTEC da Universidade de Aveiro.

Aos meus pais e irmão.

o júri

Presidente

Prof. Doutor Joaquim Miguel Gonçalves Macedo
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Eduarda Maria Martins Moreira da Silva Vieira
Professora Auxiliar da Universidade Católica Portuguesa (arguente)

Prof. Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa
Professora Associada da Universidade de Aveiro (orientadora).

agradecimentos

Várias foram as pessoas que, de forma direta ou indireta contribuíram para a execução deste trabalho. Este é o momento de lhes mostrar a minha gratidão pela ajuda prestada.

O meu especial agradecimento é para a orientadora desta dissertação, professora Ana Velosa, pelo acompanhamento ao longo de todo o trabalho, pelo apoio dado, pela transmissão de conhecimentos, pela disponibilidade, pelas críticas e sugestões dadas.

Ao Investigador Doutor Luís Mariz pela coorientação, disponibilidade, compreensão e esclarecimentos dados.

À Fundação Mata Buçaco, em especial ao Historiador Filipe Teixeira, pelos conhecimentos transmitidos, pelas boas receções e disponibilidade apresentada.

À Engenheira Maria Carlos, ao técnico Vítor Rodrigues, do Laboratório de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, que me ajudaram na execução dos trabalhos laboratoriais.

Agradeço à Engenheira Cristina Sequeira pelas análises de fluorescência raios-X e à Engenheira Denise Terroso não só pela difractometria de raios-X realizada, mas também pela ajuda dada na interpretação dos resultados.

Ao Engenheiro Bruno Nascimento pelo auxílio prestado e conhecimentos transmitidos para a execução de alguns ensaios laboratoriais.

À Engenheira Cristiana Costa pela disponibilidade demonstrada e transmissão de conhecimentos.

Ao Engenheiro Manuel Vieira e Cerâmica Quintãs pelo material cerâmico cedido.

Ao Pedro pela grande ajuda na execução de alguns dos trabalhos no laboratório.

palavras-chave

Embrechados, argamassa, revestimentos, conservação, reabilitação, Buçaco, Convento de Santa Cruz, Via-Sacra, história, técnica e caracterização.

resumo

Este trabalho pretende estudar os revestimentos embrechados, a sua história, técnica e caracterização. A necessidade de conservação e reabilitação de alguns panos com este tipo de revestimento, no Buçaco, nomeadamente no Convento de Santa Cruz e Via-Sacra, conduziram a uma recolha de materiais embrechados e argamassas que foram caracterizados. Posteriormente foram desenvolvidas réplicas para avaliar, em laboratório, o seu comportamento. Esta metodologia permite aferir quais as características relevantes dos materiais e técnicas para uma correta estratégia de reabilitação do revestimento, garantindo durabilidades adequadas.

keywords

Embrechados, mortar, coating, conservation, rehabilitation, Buçaco, Convento de Santa Cruz, Via-Sacra, history, technique, description

abstract

This work aims to study the “embrechados” coatings, its history, technique and characterization. The necessity of maintenance and rehabilitation of some cloths with this type of coating in Buçaco, including the Convent of Santa Cruz and Way of the Cross, led to a gathering of “embrechados” materials and mortars that have been characterized. Later, replicas were developed to evaluate their behaviour in laboratory. This methodology allows accessing which are the relevant characteristics of materials and techniques for proper coating rehabilitation strategy, ensuring adequate durability.

Índice Geral

Índice Geral.....	i
Índice de Figuras	vii
Índice de Tabelas	xv
1. Introdução	1
1.1. Motivação e Enquadramento	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Organização da dissertação	3
2. Convento e Via-Sacra do Buçaco	5
2.1.1. Enquadramento histórico	8
2.1.1.1. O Convento de Santa Cruz	8
2.1.1.2. A Via Sacra.....	9
2.1.2. Técnicas de construção – Alvenaria, Cobertura, Embrechados e Cortiça...	11
2.1.3. Intervenções.....	12
2.1.4. Estado atual do monumento	12
3. Revestimentos embrechados	15
3.1. Significado da palavra embrechado e sua evolução	15
3.2. Os embrechados na Europa: sua origem e evolução	16
3.3. Os embrechados no Brasil	18
3.4. Os embrechados em Portugal	19
3.5. Os materiais mais usados nos embrechados, em Portugal.....	19
3.5.1. Materiais Vítreos	20

3.5.2.	Materiais Cerâmicos.....	20
3.5.3.	Materiais Conquiliológicos	22
3.5.4.	Materiais pétreos e metalúrgicos.....	23
3.6.	Técnicas de execução	24
4.	Técnica de Amostragem.....	25
4.1.	Amostragem de argamassas	26
4.1.1.	Amostragem no Convento de Santa Cruz	26
4.1.2.	Amostragem na Via-Sacra	28
4.2.	Amostragem de material embrechado.....	30
4.2.1.	Amostragem no Convento de Santa Cruz	30
4.2.2.	Amostragem na Via-Sacra	31
4.3.	Tabelas síntese da amostragem	33
5.	Análise de amostras.....	43
5.1.	Metodologia de análise de ensaio.....	43
5.1.1.	Difracometria de Raios-X	45
5.1.2.	Análise de fluorescência raios-X.....	46
5.1.3.	Determinação da fração solúvel por dissolução ácida	46
5.1.4.	Análise granulométrica do resíduo.....	47
5.2.	Resultados	48
5.2.1.	Difracometria de raios-X.....	49
5.2.1.1.	Amostras de material embrechado	49
5.2.1.2.	Amostras de argamassas.....	51

5.2.2.	Análise de fluorescência Raios-X.....	52
5.2.2.1.	Amostras de material embrechado	52
5.2.2.2.	Amostras de argamassas	55
5.2.3.	Determinação da fração solúvel por dissolução ácida.....	58
5.2.4.	Análise Granulométrica	58
5.3.	Discussão dos resultados	64
6.	Formulação de soluções de reabilitação do revestimento	67
6.1.	Metodologia de análise e ensaio	67
6.1.1.	Análise granulométrica.....	67
6.1.2.	Determinação da densidade aparente dos materiais	68
6.2.	Resultados.....	69
6.2.1.	Análise granulométrica.....	69
6.2.2.	Determinação da densidade aparente dos materiais	73
6.3.	Discussão dos resultados	73
7.	Ensaio de soluções de reabilitação do revestimento	75
7.1.	Metodologia de análise e ensaio	75
7.1.1.	Caracterização das argamassas de reparação.....	76
7.1.1.1.	Preparação das argamassas e sua caracterização no estado fresco	76
7.1.1.2.	Execução dos provetes e condições de cura	79
7.1.1.3.	Determinação do módulo de elasticidade dinâmico (Ed).....	82
7.1.1.4.	Determinação da resistência mecânica à flexão	83
7.1.1.5.	Determinação da resistência mecânica à compressão	84
7.1.1.6.	Determinação da profundidade de carbonatação	85

7.1.1.7.	Determinação da absorção da água por capilaridade	86
7.1.1.8.	Ensaio de absorção de água a baixa pressão	87
7.1.2.	Caracterização do material embrechado usado na execução de provetes ...	88
7.1.2.1.	Difracometria de raios-X.....	89
7.1.2.2.	Análise de fluorescência raios-X.....	89
7.1.2.3.	Determinação da porosidade do material embrechado	89
7.1.3.	Ensaio para a caracterização do revestimento embrechado.....	90
7.1.3.1.	Simulação laboratorial do revestimento	90
7.1.3.2.	Ensaio de aderência (Pull-Off).....	94
7.1.3.3.	Ensaio do envelhecimento artificial acelerado	96
7.2.	Resultados	97
7.2.1.	Caracterização das Argamassas de reparação	97
7.2.1.1.	Determinação do módulo de elasticidade dinâmico (Ed).....	97
7.2.1.2.	Determinação da resistência mecânica à flexão	98
7.2.1.3.	Determinação da resistência mecânica à compressão	99
7.2.1.4.	Determinação do índice de carbonatação.....	100
7.2.1.5.	Determinação da absorção da água por capilaridade	101
7.2.1.6.	Ensaio de absorção da água a baixa pressão	103
7.2.2.	Caracterização do material embrechado usado na execução de provetes .	104
7.2.2.1.	Difracometria raios-X	104
7.2.2.2.	Análise de fluorescência raios-X.....	104
7.2.2.3.	Determinação da porosidade do material embrechado	105
7.2.3.	Ensaio para a caracterização do revestimento embrechado.....	106
7.2.3.1.	Simulação laboratorial do revestimento embrechado	106
7.2.3.2.	Ensaio de aderência.....	106

7.2.3.3. Ensaio do envelhecimento artificial acelerado	108
7.3. Discussão dos resultados	111
8. Conclusão	117
9. Propostas para trabalhos futuros.....	119
Referências Bibliográficas	121
Anexo A – Locais com embrechados em Portugal.....	125
Anexo B – Ficha técnica da cal aérea Lusical H100	129
Anexo C – Dados recolhidos para a definição do Ciclo de Verão	131
Anexo D – Dados recolhidos para a definição do Ciclo de inverno	135

Índice de Figuras

Figura 1. Localização da Mata do Buçaco [Google Maps]	5
Figura 2. Fotografia elucidativa da variedade de espécies de árvores existentes na Mata do Buçaco	6
Figura 3. Casa relíquia - Buçaco	6
Figura 4. Casa dos embrechados - Buçaco	7
Figura 5. Fonte fria – Buçaco	7
Figura 6. Portas de Coimbra - Buçaco.....	7
Figura 7. Ermida de S.José – Recentemente reabilitada.....	7
Figura 8. Contraste existente entre o Convento de Santa Cruz (à esquerda) e o Palace-Hotel (à direita).....	8
Figura 9. Planta do convento antes e após a construção do Palace Hotel – A cinzento pode visualizar-se a planta do convento antes da construção do Palace Hotel, a preto está representada a planta do Convento após a construção do Palace Hotel e a verde a planta do Palace Hotel.....	9
Figura 10. Capela 13º Passo, no Buçaco	10
Figura 11. Exemplar de uma das esculturas de barro instaladas nas capelas da Via Sacra do Buçaco	10
Figura 12. Pretório da Via-Sacra do Buçaco	10
Figura 13. Fotografia do Frontispício do Convento de Santa Cruz.....	11
Figura 14. Fotografia com mais detalhe dos embrechados da entrada principal do Convento de Santa Cruz.....	11
Figura 15. Cedro de S.José – Fotografia tirada a 03/09/2015	13

Figura 16. Avanço da vegetação para o edificado	13
Figura 17. Destacamento do revestimento embrechado.....	13
Figura 18. Tronco de árvore que destruiu a cobertura da Capela do 8ºPasso - Cruz às Costas	14
Figura 19. Exemplo da aplicação de argamassas com ligante hidráulico na reabilitação de revestimentos embrechados.....	14
Figura 20. Banco Principal do Jardim das Princesas - Rio de Janeiro (Machado)	19
Figura 21. Gruta do Jardim das Princesas [10]	19
Figura 22. Exemplar de um material vítreo – Taça de vidro esmaltado (Silva, 2012)	20
Figura 23. Exemplar de um prato da porcelana oriental – <i>kraak</i> (Silva, 2012)	21
Figura 24. Exemplar de um prato em Faiança (Best Net Leilões, s.d.).....	21
Figura 25. Exemplares de materiais conquiológicos usados em obras de embrechados (Panoramio, s.d.)	23
Figura 26. Exemplares de fragmentos de matérias pétreos e metalúrgicos: mármore (em cima, à esquerda); calcite branca (em cima, à direita); escórias (em baixo, à esquerda) e um exemplar com a aplicação de alguns destes materiais (em baixo, à direita). (Silva, 2012).....	24
Figura 27. Local de recolha das amostras ACF.1, ACF.2 e ACF.3	27
Figura 28. Local de recolha da amostra ACF.4 (Ferreira, 2014)	27
Figura 29. Local de recolha das amostras ACN.1 e ACN.2 (Entrada do Nártex, do lado direito)	27
Figura 30. Local de recolha das amostras ACN.3(II) e ACN.4(I) - Entrada do Nártex, do lado direito (Ferreira, 2014)	28
Figura 31. Local de recolha da amostra AVS.8 - Capela 8º Passo.....	28

Figura 32. Local de recolha das amostras AVS.13.1(II) e AVS.13.2 (III) - Capela 13º Passo (Ferreira, 2014).....	29
Figura 33. Local de recolha da amostra AVS.15- Capela 15º Passo.....	29
Figura 34. À esquerda é apresentado o local de recolha da amostra RCF.2 e à direita o local onde se procedeu à recolha das amostras RCF.1, RCF.3.+P, RCF.4.-P e RCF.5.	30
Figura 35. Local de recolha da amostra RCN.1 – Nártex do Convento.....	30
Figura 36. Local de recolha da amostra RVS.8 – Capela Cruz às Costas.....	31
Figura 37. Local de recolha das amostras RVS.9.1, RVS.9.2 e RVS.9.3 – Capela do Passo da Primeira Queda	31
Figura 38. Local de recolha das amostras RVS.11.1, RVS.11.2 – Capela do Passo do Cireneu	32
Figura 39. Local de recolha das amostras RVS.19 – Capela do Passo do Sepulcro	32
Figura 40. Cronograma da sequência dos ensaios realizados para a análise das amostras recolhidas.....	43
Figura 41. Moinho de argolas usado para a preparação das amostras a enviar para análise DRX e FRX	45
Figura 42. Ensaio para a determinação da percentagem de resíduo insolúvel – Aplicação do ácido clorídrico à amostra.....	46
Figura 43. Ensaio para a determinação da percentagem de resíduo insolúvel – Filtração da suspensão obtida	47
Figura 44. Série de peneiros usados para a determinação da curva granulométrica das diferentes amostras de argamassa.....	48
Figura 45. Curva granulométrica da amostra ACN.3.....	59
Figura 46. Curva granulométrica da amostra ACN.4.....	60

Figura 47. Curva granulométrica da amostra ACF.4	60
Figura 48. Curva granulométrica da amostra AVS.13.1	61
Figura 49. Curva granulométrica da amostra AVS.13.2	62
Figura 50. Curva granulométrica da amostra AVS.15	62
Figura 51. Curvas granulométricas das amostras da presente dissertação	63
Figura 52. Cronograma da sequência dos ensaios realizados para a formulação de soluções..	67
Figura 53. Ensaio para a determinação da densidade aparente – cal aérea	68
Figura 54. Curvas granulométricas das areias existentes no laboratório do departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.....	69
Figura 55. Fotografia do lado esquerdo diz respeito à amostra ACN.3, a fotografia do meio é relativa à amostra ACN.4 e a amostra AVS.13.1 apresenta-se na fotografia do lado direito	70
Figura 56. Curva granulométrica do pó de tijolo	70
Figura 57. Curva granulométrica da formulação da argamassa com substituição do agregado em 50% da sua massa por pó de tijolo.....	71
Figura 58. Curva granulométrica da formulação da argamassa com substituição do agregado em 10% da sua massa por pó de tijolo.....	72
Figura 59. Curva granulométrica da formulação da argamassa sem resíduo cerâmico	72
Figura 60. Cronograma da sequência do ensaio de soluções	75
Figura 61. Ligante e agregados usados para a formulação das argamassas	76
Figura 62. Homogeneização dos agregados e ligante sem água	78
Figura 63. Homogeneização dos agregados, ligante e água - mistura final	78

Figura 64. Preparação do ensaio de espalhamento	79
Figura 65. Espalhamento obtido numa das argamassas com resíduo cerâmico	79
Figura 66. Provetes realizados para determinação das características mecânicas e físicas. 80	
Figura 67. Provetes realizados para determinação das características mecânicas e físicas. 80	
Figura 68. Adobes revestidos para a caracterização das argamassas	81
Figura 69. Provetes realizados para o ensaio o ensaio do envelhecimento artificial acelerado (em cima à esquerda: preparação dos provetes; em cima à direita: provete com 10% de pó de tijolo; em baixo à esquerda: provete sem resíduo cerâmico; em baixo à direita: provete com 50% de pó de tijolo).	81
Figura 70. Provetes para o ensaio de aderência – lado esquerdo: em baixo com a argamassa sem resíduo e em cima com a argamassa com 10% de resíduo cerâmico; lado direito argamassa com 50% de resíduo.....	82
Figura 71. Aparelho usado para a determinação do módulo de elasticidade dinâmico das argamassas (PUNDIT), aos 28 dias	83
Figura 72. Ensaio para a determinação da resistência mecânica das argamassas à flexão aos 28 dias.....	84
Figura 73. Ensaio para a determinação da resistência mecânica das argamassas à compressão aos 28 dias	85
Figura 74. Ensaio para a determinação da profundidade de carbonatação das argamassas aos 28 dias	86
Figura 75. Ensaio para a determinação da absorção da água por capilaridade das argamassas aos 28 dias	87
Figura 76. Procedimentos de preparação do ensaio – Aplicação e selagem dos tubos de Karsten.....	88

Figura 77. Desenho que se pretendeu reproduzir em laboratório – Fachada do Convento de Santa Cruz	90
Figura 78. Desenho que se pretendeu reproduzir em laboratório – Fachada do Convento de Santa Cruz (em pormenor)	90
Figura 79. Molde de cartão usado para a execução das linhas mestras	90
Figura 80. Constituição da parede de assentamento dos revestimentos embrechados.....	91
Figura 81. Colocação do material de revestimento na argamassa.....	91
Figura 82. Passagem do desenho para o suporte com a marcação dos bordos dos motivos	92
Figura 83. Linhas mestras – guias para a aplicação do quartzo e basalto	92
Figura 84. Material de revestimento embrechado	92
Figura 85. Rocha de Basalto	93
Figura 86. Macaco hidráulico usado para partir as pedras de basalto.....	93
Figura 87. Aperto do material embrechado com auxílio de uma régua de madeira e grampos	93
Figura 88. Resultado final da simulação laboratorial do revestimento	94
Figura 89. Remoção da argamassa excedente em volta dos provetes de argamassa	94
Figura 90. Colocação da argamassa de cimento para consolidação do material embrechado..	95
Figura 91. Colocação da plastilha para a realização do ensaio de aderência	95
Figura 92. Gráfico dos ciclos de Verão-Inverno considerados para o Ensaio do Envelhecimento Artificial Acelerado.....	96
Figura 93. Gráfico que apresenta os módulos de elasticidade dinâmico, das argamassas, aos 28 dias	97

Figura 94. Resistência à flexão das argamassas (28 dias) realizadas em laboratório.....	98
Figura 95. Resistência à compressão, aos 28 dias, das argamassas formuladas.....	99
Figura 96. Profundidade de carbonatação das argamassas, aos 28 dias	100
Figura 97. Gráfico das curvas de absorção da água por capilaridade, das argamassas, aos 28 dias.....	102
Figura 98. Gráfico dos resultados obtidos para o ensaio de absorção da água a baixa pressão, aos 28 dias	103
Figura 99. Ensaio de aderência – Rotura na interface argamassa/ embrechado.....	107
Figura 100. Ensaio de aderência – Rotura na interface suporte/ argamassa.....	108
Figura 101. Análise gravimétrica – Massa dos provetes sujeitos ao ensaio.....	109
Figura 102. Análise gravimétrica – Variação de massa dos provetes sujeitos ao ensaio ..	109
Figura 103. Imagem inicial dos provetes antes da exposição aos 30 ciclos “Inverno-Verão”: à esquerda o provete SR; ao meio o provete CR10; à direita o provete CR50	110
Figura 104. Imagem final dos provetes depois da exposição aos 30 ciclos “Inverno-Verão”: à esquerda o provete SR; ao meio o provete CR10; à direita o provete CR50.....	110

Índice de Tabelas

Tabela 1. Código de identificação das amostras recolhidas	25
Tabela 2. Correspondência entre as amostras de argamassa recolhidas nos mesmos locais entre a presente dissertação e a dissertação de Filipe Ferreira (Ferreira, 2014)	26
Tabela 3. Síntese das amostras recolhidas para a presente dissertação	33
Tabela 4. Amostras de material embrechado recolhido no Convento de Santa Cruz	34
Tabela 5. Amostras de material embrechado recolhido na Via-Sacra.....	35
Tabela 6. Amostras de argamassa recolhidas na presente dissertação	35
Tabela 7. Amostras de argamassa recolhidas por Filipe Ferreira.....	36
Tabela 8. Amostras de argamassa: identificação, local de recolha e estado de conservação	36
Tabela 9. Ensaio realizados às amostras de material embrechado.....	44
Tabela 10. Ensaio realizados às amostras de argamassa.....	44
Tabela 11. Tempo de moagem das amostras de material embrechado	49
Tabela 12. Resultados DRX das amostras de material embrechado recolhido no Convento de Santa Cruz.....	50
Tabela 13. Resultados DRX das amostras de material embrechado de rochas recolhido na Via-Sacra	50
Tabela 14. Resultados das análises DRX executadas às argamassas recolhidas no Convento de Santa Cruz.....	51
Tabela 15. Resultados das análises DRX executadas às argamassas recolhidas no Convento de Santa Cruz e Via-Sacra	52
Tabela 16. Resultados FRX das amostras de material embrechado recolhido no Convento de Santa Cruz.....	53
Tabela 17. Resultados FRX das amostras de material embrechado recolhido na Via-Sacra	54
Tabela 18. Resultados FRX das amostras de argamassa recolhidas no Convento de Santa Cruz	55
Tabela 19. Resultados FRX das amostras de argamassa recolhidas no Convento de Santa Cruz	56
Tabela 20. Resultados FRX das amostras de argamassa recolhido na Via-Sacra	56

Tabela 21. Determinação da fração solúvel por dissolução ácida (presente dissertação)...	58
Tabela 22. Determinação da fração solúvel por dissolução ácida ("Caracterização de materiais construtivos dos edifícios do Buçaco" por Filipe Ferreira e os resultados obtidos na presente dissertação. (Ferreira, 2014).....	65
Tabela 23. Densidade aparente dos materiais constituintes das argamassas.....	73
Tabela 24. Traços em massa e correspondentes traços volumétricos dos exemplares de argamassa recolhidos em locais com embrechados, no Buçaco, ao longo da dissertação de Filipe Ferreira e a presente dissertação (Ferreira, 2014).....	74
Tabela 25. Formulações executadas e sua respectiva identificação.....	77
Tabela 26. Percentagens de água usadas na elaboração das argamassas	77
Tabela 27. Resultados obtidos no ensaio de espalhamento para a caracterização das argamassas no seu estado fresco	79
Tabela 28. Tipos de provetes realizados em laboratório.....	80
Tabela 29. Identificação atribuída ao material embrechado	88
Tabela 30. Ciclos Verão- Inverno: temperaturas e humidades correspondentes	96
Tabela 31. Resultados do módulo de elasticidade dinâmico para cada uma das composições de argamassa	97
Tabela 32. Valores da resistência mecânica à flexão (28 dias), das argamassas realizadas em laboratório	99
Tabela 33. Valores da resistência mecânica à compressão (28 dias) para as argamassas formuladas em laboratório	100
Tabela 34. Valores da profundidade de carbonatação aos 28 dias das argamassas	100
Tabela 35. Coeficientes de absorção, das argamassas, aos 28 dias.....	101
Tabela 36. Tempo necessário que cada uma das argamassas necessitou para absorver 4 cm ³ de água.....	103
Tabela 37. Resultados DRX das amostras do material usado como revestimento da argamassa	104
Tabela 38. Resultados FRX das amostras do material usado como revestimento da argamassa	105
Tabela 39. Porosidade dos materiais usados em laboratório como revestimento embrechado	106

Tabela 40. Resultados obtidos durante o ensaio de aderência para o conjunto do revestimento	107
Tabela 41. Patologias observados nos provetes sujeitos aos ciclos “Inverno-Verão”	111
Tabela 42. Requisitos estabelecidos para as características mecânicas e de comportamento à água das argamassas, aos 90 dias. (Veiga R. P., 2014)	112
Tabela 43. Valores obtidos para as características mecânicas e de comportamento à água das argamassas formuladas, aos 28 dias	112
Tabela 44. Valores de resistência à compressão e absorção da água por capilaridade das argamassas originais retiradas de locais com embrechados. (Ferreira, 2014)	113
Tabela 45. Comparação dos resultados fluorescência raios-X (DRX) entre as amostras recolhidas e as selecionadas para execução dos trabalhos laboratoriais	114
Tabela 46. Comparação dos resultados difractometria raios-X (DRX) entre as amostras recolhidas e as selecionadas para execução dos trabalhos laboratoriais	114

1. INTRODUÇÃO

1.1. Motivação e Enquadramento

Esta tese surge da necessidade de estudar um revestimento que tem sido colocado em segundo plano face a outros. As origens, o seu desenvolvimento, as suas influências, os materiais usados e as técnicas implementadas são assuntos que ainda não tiveram a devida atenção pela parte académica e ao nível da investigação.

Os estudos existentes sobre este revestimento não tratam especificamente a obra, mas sim a sua ligação com as grutas e ninfeus. Estas ligações já foram bastante estudadas em países como a Itália, França, Inglaterra e EUA. (Silva, 2012)

A primeira pessoa que, em Portugal, se dedicou a escrever algumas páginas sobre este tipo de arte, embora numa análise nada académica, foi o Conde de Sabugosa, conhecido também por António Vasco de Melo. Este publicou um livro em 1908, “Embrechados”, no qual estabeleceu inicialmente uma relação lógica entre os embrechados e a sua obra. (Sabugosa, 1921)

Em 1987, Helder Carita escreveu uma obra dedicada à ligação dos embrechados com os jardins e os materiais usados na sua construção. (Silva, 2012)

Passados alguns anos (1997), surge um texto elaborado por Isabel Albergaria, que, mais uma vez, não trata dos pormenores mais técnicos do revestimento, mas aborda apenas a origem da palavra, a sua ligação com as grutas da Antiguidade Clássica e fala um pouco sobre os exemplares existentes em Portugal e os materiais usados. (Albergaria, 1997)

Foram também publicados alguns artigos por José Meco, na revista *in Monumentos*, relativos aos embrechados do Palácio Fronteira e ao Deserto Carmelita do Buçaco. (Meco, 2004)

Mais recentemente foi escrito um livro por André Lourenço Silva, “Conservação e Reabilitação do Património – Os embrechados do Paço das Alcáçovas” que se apresenta como sendo o livro que melhor aprofundou este revestimento. Primeiramente, aborda a

origem e a sua evolução, tanto ao nível europeu como em Portugal. Apresenta uma listagem dos exemplares existentes em Portugal e posteriormente centraliza o seu estudo no Paço das Alcáçovas. Fala sobre os materiais usados, as técnicas usadas, entre outros aspetos, acabando por apresentar propostas de conservação para o revestimento. (Silva, 2012)

Muitas destas obras de revestimento encontram-se em mau estado de conservação, como tal, é extremamente importante que existam estímulos académicos. Desde modo, conseguindo fazer uma correta avaliação dos suportes, dos materiais empregues e do seu estado de conservação, será possível intervir de forma mais assertiva.

Torna-se, assim, imprescindível, a realização de ensaios/ análises por forma a colmatar a ausência de estudos relativos a estes revestimentos.

1.2. Objetivos

Existe um trabalho continuado, executado ao longo de vários anos, no Buçaco, na área da engenharia civil pela Universidade de Aveiro. Recentemente foram escritas duas dissertações de mestrado, uma delas intitulada “Análise de risco – Via-Sacra do Buçaco” (Veiga, 2014) e a outra “Caracterização de materiais construtivos dos edifícios do Buçaco” (Ferreira, 2014), da qual se fez o aproveitamento de algumas amostras recolhidas, a presente dissertação apresenta-se como sendo mais um contributo nesta área.

Sendo assim, esta dissertação teve como primeiro objetivo conhecer, a história, a evolução técnica e a degradação dos revestimentos embrechados.

Devido ao estado de conservação de alguns panos embrechados do Buçaco, realizou-se um estudo de caso dos embrechados do Convento de Santa Cruz e Via-Sacra, uma vez que é premente iniciar a sua reabilitação e conservação.

No local em estudo recolheram-se amostras de revestimento embrechado que foram analisadas no laboratório do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

Esta análise visava a formulação e ensaio de soluções para selecionar técnicas de conservação e restauro do revestimento, adequadas mecânica e quimicamente, por forma a garantir durabilidades adequadas em intervenções futuras.

1.3. Organização da dissertação

O presente documento encontra-se organizado da seguinte forma:

- No Capítulo 1, são apresentados o enquadramento e motivação que conduziram à escolha desta dissertação, os objetivos estabelecidos e a organização deste documento.
- No Capítulo 2, é realizado um enquadramento histórico do Convento de Santa Cruz e Via-Sacra do Buçaco. São supracitadas as técnicas usadas na construção dos edifícios que fazem parte deste conjunto monumental e referido o local onde se podem visualizar as intervenções que estes sofreram com o passar dos anos. Também é referido o estado atual do monumento, focalizando esta referência nos revestimentos embrechados.
- No Capítulo 3, é exposto o estudo realizado para analisar a história destes revestimentos embrechados, nomeadamente a sua origem, evolução e influências. Aqui também se referiu alguns dos locais onde é possível encontrar este revestimento (Portugal e Brasil) e quais os materiais usados.
- No Capítulo 4, são apresentados os locais de recolha das amostras do revestimento, argamassa e material embrechado, para cada um dos monumentos em estudo. Também se elaborou tabelas síntese com a identificação das amostras onde constam o local de recolha e mais alguma informação relevante.
- No Capítulo 5, designado por “Análise de amostras”, procedeu-se ao ensaio das amostras recolhidas. Este estudo visava a caracterização mineralógica e química das argamassas e material embrechado e a determinação de algumas características físicas das argamassas. Foram apresentados os resultados e por fim realizou-se a discussão dos mesmos.

- No Capítulo 6, procedeu-se à “Formulação de soluções de reabilitação do revestimento”, tendo por base os resultados obtidos na análise de amostras, não esquecendo os resultados da dissertação de Filipe Ferreira. Realizaram-se ensaios para conseguir formulações de argamassas que se apresentassem compatíveis com as existentes nos edifícios em estudo do Buçaco, sendo no final discutidas as opções tomadas.
- No Capítulo 7, realizaram-se ensaios tendo por base as anteriores opções tomadas. Denominado “Ensaio de soluções de reabilitação do revestimento”, este capítulo apresenta a campanha de ensaios estabelecidos e os resultados que tinham como objetivo: o estudo da técnica de execução do revestimento, a avaliação da sua durabilidade e resistência. Neste capítulo também foram efetuados ensaios que permitissem a caracterização das argamassas e material embrechado usado na execução dos estudos anteriores.
- No Capítulo 8 e 9 são apresentados, respetivamente, as elações finais sobre o trabalho desenvolvido e propostas para trabalhos futuros. As propostas apresentadas visam questões não abordadas ao longo desta dissertação e ensaios que apesar de terem sido realizados, se mostraram inconclusivos, sendo necessária a sua reiteração.

2. CONVENTO E VIA-SACRA DO BUÇACO

A serra do Buçaco, ou serra da Alcoba como anteriormente era chamada, trata-se de uma pequena elevação de Portugal que se encontra a uma altitude de 549 metros onde são captadas as águas do *Luso* e *Caldas de Penacova*. Compreende os concelhos da Mealhada, Mortágua e Penacova (Figura 1). O clima é ameno, ocorrem raras e rápidas geadas e onde excecionalmente poderá nevar. É um local com grande propensão para cerrados nevoeiros matinais, que só se dissipam ao final de uma manhã, principalmente nos pontos mais elevados da serra. (Meco, 2004)

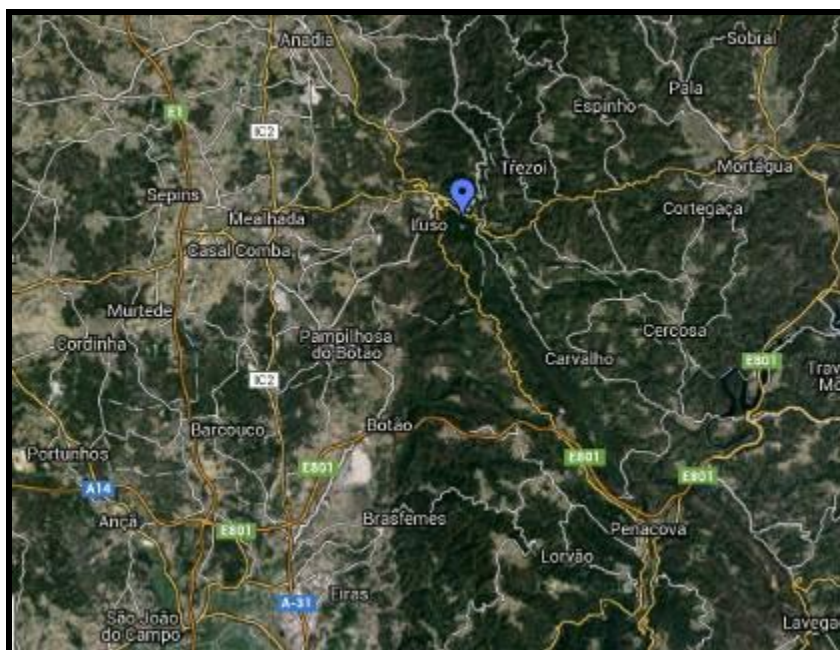


Figura 1. Localização da Mata do Buçaco [Google Maps]

Fazem parte do conjunto monumental da Mata do Buçaco uma grande variedade de espécies de árvores, sugerindo assim a representação do Monte Carmelo da Palestina (Figura 2). Entre elas destaca-se o Cedro de São José. Os cedros eram árvores mencionadas com frequência na Bíblia e eram descritas como as árvores mais bonitas do paraíso.



Figura 2. Fotografia elucidativa da variedade de espécies de árvores existentes na Mata do Buçaco

Este conjunto monumental compreende a Via Sacra, as capelas e ermidas (Figura 7), as portas (Figura 6) e casas de guarda (Figura 3), as fontes (Figura 5), a casa dos embrechados (Figura 4), a casa dos brasões, a casa dos cedros, o Palace-Hotel, entre outros.



Figura 3. Casa relíquia - Buçaco



Figura 4. Casa dos embrechados - Buçaco



Figura 5. Fonte fria – Buçaco



Figura 6. Portas de Coimbra - Buçaco



Figura 7. Ermida de S.José – Recentemente reabilitada

2.1.1. Enquadramento histórico

2.1.1.1. O Convento de Santa Cruz

O Convento de Santa Cruz começou a ser construído no ano de 1628, quando o bispo D. João Manuel doou aos Carmelitas a mata do Buçaco. *“No apelo constante à solidão e ao afastamento do mundo, o Convento seria então o palco de uma experiência profunda de contemplação, oração e penitência”*. Foi uma obra que se desenvolveu até ao ano de 1939 e que vai ao encontro da fé e pobreza. (Meco, 2004) (Fundação Mata Buçaco, s.d.)

Apesar de ser um lugar dedicado à vida conventual e local de eleição por vários religiosos, teve um papel fundamental no acolhimento durante a Batalha do Buçaco em 1810. Batalha esta que foi a última das três invasões napoleónicas a Portugal, que teve início em Julho de 1810 e terminou em Abril de 1811. No ano de 1834 foram extintas as ordens religiosas e o Convento de Santa Cruz ficou ao abandono. (Fundação Mata Buçaco, s.d.)

Entre 1888 e 1907 foi mandado construir pelo rei D.Carlos I o palácio do Bussaco, cujo projeto de arquitetura foi executado pelo arquiteto italiano Luigi Manini . O Palace-Hotel é um edifício que se apresenta como sendo uma construção exuberante, que contrasta fortemente com o contíguo Convento de Santa Cruz e que se associa a um local de grande simplicidade, tal como é possível verificar na figura 8. (Fundação Mata Buçaco, s.d.)



Figura 8. Contraste existente entre o Convento de Santa Cruz (à esquerda) e o Palace-Hotel (à direita)

O hotel apresenta um estilo neomanuelino, decorado com frescos, quadros alusivos aos Descobrimentos portugueses e grandes painéis de azulejos. Esta construção levou à destruição de algumas das estruturas conventuais anexas à igreja, como se pode verificar pela figura 9. (Meco, 2004) (Palace Hotel Buçaco)

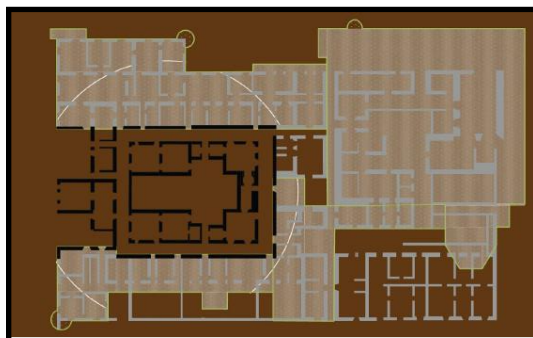


Figura 9. Planta do convento antes e após a construção do Palace Hotel – A cinzento pode visualizar-se a planta do convento antes da construção do Palace Hotel, a preto está representada a planta do Convento após a construção do Palace Hotel e a verde a planta do Palace Hotel

Fazem parte ainda do conjunto do Convento, a Capela do Ecce Homo, os pátios interiores, o claustro, a capela dos Reis Magos, a Capela de Santo Amaro, a capela da Sagrada Família e a igreja de Santa Cruz que apresenta uma planta de cruz grega. (Meco, 2004)

Tal como podemos ver pela figura 9, a igreja encontra-se no centro do claustro, que era uma regra primitiva da ordem dos Carmelitas. Importa referir que este é o único convento em Portugal que respeita este princípio. (Meco, 2004)

2.1.1.2. A Via Sacra

De origem italiana de finais do século XV, a Via Sacra expandiu-se facilmente pela Europa e tinha como objetivo representar a Cidade Santa proporcionando aos peregrinos experienciarem os últimos momentos da vida do Salvador sem precisarem de se deslocar até à Palestina. (Fundação Mata Buçaco, s.d.)

A Via Sacra do Buçaco surgiu em 1644, tem uma extensão de três quilómetros, realizada primeiramente com cruces de pau-brasil que representavam os passos desde a Sentença (6 Passos da Prisão) ao Calvário (14 Passos da Crucificação). Passados 50 anos D. João de Melo fez com que estas cruces fossem substituídas por pequenas capelas (Figura 10), onde

posteriormente foram colocadas esculturas realizadas por Costa Mota, de barro cozido, tal como se pode observar na figura 11.



Figura 10. Capela 13º Passo, no Buçaco



Figura 11. Exemplar de uma das esculturas de barro instaladas nas capelas da Via Sacra do Buçaco

Fazem igualmente parte da Via-Sacra do Buçaco a Porta de Siloé, a Porta Judiciária, o Pretório (Figura 12) e o Calvário.



Figura 12. Pretório da Via-Sacra do Buçaco

2.1.2. Técnicas de construção – Alvenaria, Cobertura, Embrechados e Cortiça

As paredes estruturais dos edifícios do Convento e Via-Sacra são de alvenaria de pedra. A técnica usada passava por sobrepor as pedras com o recurso a juntas de assentamento de argamassa de cal aérea, tendo o cuidado de as acomodar de forma a estas ficarem estáveis.

Tendo em conta que esta ordem religiosa era conhecida pela reutilização dos recursos locais, é possível que as pedras usadas estivessem presentes na mata e suas redondezas. Provavelmente, tratar-se-ão de quartzitos, calcários e arenitos. (Meco, 2004) (LNEG, 2010)

Os revestimentos interiores e exteriores são na sua grande maioria realizados com argamassas de cal aérea. A geometria das portas e janelas apresenta-se quase sempre como regular, sendo que, por vezes, estes elementos são contornados por pedras de cantaria.

Para além das argamassas de cal que são usadas para os revestimentos exteriores, também foram executados embrechados. Estes revestimentos foram construídos através do assentamento em argamassa fresca de fragmentos cerâmicos, pedras rústicas e rochas monocromáticas. Os materiais que se usaram na constituição desta obra artística formam entre si vários elementos que representam as armas carmelitas e outro tipo de simbologia ligada a esta congregação, como vasos com ramagens e cruces, tal como se pode observar nas figuras 13 e 14. (Silva, 2012) (Meco, 2004)



Figura 13. Fotografia do Frontispício do Convento de Santa Cruz



Figura 14. Fotografia com mais detalhe dos embrechados da entrada principal do Convento de Santa Cruz

As coberturas do Convento e Via-Sacra foram realizadas com o recurso a uma estrutura de madeira, que transmitirá os esforços às paredes estruturais de alvenaria de pedra. O revestimento usado na cobertura trata-se de telhas canudo ou também designada telha Alhandra. Com o uso deste tipo telha, era comum, que o telhado ficasse pesado, mas quando bem executado tinha uma grande duração. (Segurado, 1923)

Para além dos embrechados que se salientam no Convento e Via-Sacra, a cortiça também é um elemento muito presente principalmente no Convento de Santa Cruz. Existem dois tipos de cortiça: a cortiça virgem e cortiça amadia. A primeira tem forma mais ou menos arredondada e foi aplicada em revestimentos de peças estruturais (vigas e cruz do átrio de entrada) e a segunda que era aplicada apenas em elementos planos (forros de tetos e almofadas de portas/portadas). (Meco, 2004)

2.1.3. Intervenções

Este conjunto monumental já foi alvo de várias intervenções, estando elas disponíveis em Sistema de Informação para o Património Arquitectónico, s.d.. Ao longo da dissertação de “Caracterização de materiais construtivos dos edifícios do Buçaco” é feita uma listagem com as diferentes intervenções que estes locais sofreram. O local com menor número de intervenções, onde existe um revestimento embrechado, é o Nártex do Convento de Santa Cruz. Importa referir que o agregado usado na execução de uma das argamassas que se pretendeu ver reproduzida em laboratório foi precisamente deste local.

2.1.4. Estado atual do monumento

Foram vários os fenómenos meteorológicos que assolaram a mata do Buçaco, mais recentemente, em 19 de janeiro de 2013, este local foi assolado por uma ciclogénese explosiva. Este fenómeno provocou o derrube de árvores de grande porte (incluindo uma grande parte do famoso cedro de S. José (Figura 15), que caíram sobre edifícios da via-sacra e seus trilhos.



Figura 15. Cedro de S.José – Fotografia tirada a 03/09/2015

Existe outro problema que envolve a mata e os edifícios que se encontram neste local. Trata-se do avanço da vegetação (nomeadamente as acácias, tal como se pode ver na figura 16). Este avanço provoca humidades excessivas nas construções, destacamentos dos revestimentos (Figura 17), entre outros.



Figura 16. Avanço da vegetação para o edificado

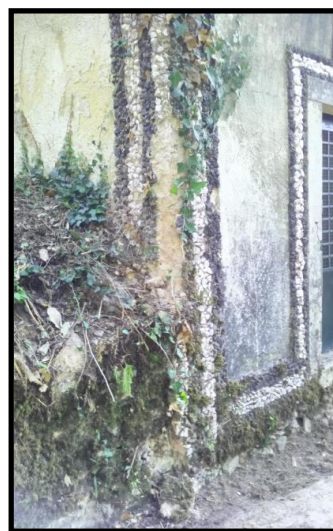


Figura 17. Destacamento do revestimento embrechado

Atualmente a grande maioria de árvores caídas sobre os edifícios e trilhos, já foram removidas. Uma das ermidas que foi parcialmente destruída durante o fenómeno meteorológico de janeiro de 2013, foi recentemente reabilitada (Ermida de S.José). É

realmente urgente reabilitar as coberturas destruídas nestes edifícios, evitando assim que estes se degradem mais rapidamente (Figura 18).



Figura 18. Tronco de árvore que destruiu a cobertura da Capela do 8ºPasso - Cruz às Costas

Em relação ao avanço da vegetação, já se encontram a ser tomadas algumas precauções. As acácias que são um dos grandes problemas do Buçaco, tanto no seu avanço para o edificado como também na destruição do ecossistema aí existente, estão a ser devidamente removidas e substituídas por medronheiros, azevinhos e outras.

Também se verificou o uso de argamassas de cal hidráulica, embora que pontualmente, na reabilitação de revestimentos embrechados, tal como se pode visualizar na figura 19. O uso deste tipo de argamassa não só não irá resolver o problema, como fará com que este revestimento ainda se degrade com maior facilidade.



Figura 19. Exemplo da aplicação de argamassas com ligante hidráulico na reabilitação de revestimentos embrechados

3. REVESTIMENTOS EMBRECHADOS

3.1. Significado da palavra embrechado e sua evolução

Em Portugal, a palavra surgiu pela primeira vez num dicionário em 1713, pelo padre Raphael Bluteau que relata este tipo de revestimento como “*Pedrinhas, conchas, boccados de cristal, & de outras matérias, com que se faz rochas, & grutas nos jardins*”. (Bluteau R. , 1713)

Posteriormente, numa edição mais recente (1789), este clérigo descreve os embrechados como sendo “*pedacinhos de louça, de cristal, vidros pedrinhas, concinhas, com que se fazem grutas nos jardins, ou adornão paredes.*”. (Bluteau R. , 1789)

No ano de 1895, Tomás Lino d’Assumpção, atribui o significado de “*pedacinhos de louça, cristal, vidros, pedrinhas, conchas com que se forram grutas nos jardins e se ornam paredes*”. (d’Assumpção, 1895)

Como é fácil de comprovar, o significado desta palavra aparece sempre interligado com grutas e jardins. Mais uma vez, em 1875, o significado da palavra atribuído por Francisco de Assis Rodrigues, surge com ligação às grutas. (Rodrigues, 1875)

“*Embrechado, s.m., ou Embrechados, pl. (do precedente sbst., ou vice versá), pedrinhas, conchinhas, crystaes, etc., embutidos nas brechas naturaes ou artificiaes de gruta, para ornato. He imitação dos crystaes, petrificações, stalactites e outros accidentes das grutas naturaes*”, é assim que Francisco Solano Constancio descreve embrechado no ano de 1854. (Constancio, 1854)

É a partir desta última definição que é permitido identificar uma possível origem do termo “embrechado”. Embrechado é um termo que poderá ter surgido a partir da palavra brecha. Vem do francês *brèche*, que significa fissura, fenda, ruína ou sulco, onde nas grutas se argamassavam os mais variados materiais. (Silva, 2012)

De acordo com a grafia usada, a palavra embrechado tanto era escrita com recurso a “ch” como a “x” na terceira sílaba. Esta é outra pista que nos remete para uma possível origem

ou evolução da palavra. Imbricar que no latim tem o étimo *Imbrex* e que se apresenta como sendo uma técnica com o mesmo efeito dos embrechados, de sobreposição de materiais de uma forma desencontrada. De *imbrex*, para *embrex*, *embrexado* e por fim *embrechado*. (Silva, 2012)

Esta é uma palavra que não tem tradução noutras línguas. Atualmente, pode definir-se embrechados como sendo uma técnica de imbricamento de materiais distintos em argamassa fresca. É necessário não confundir este tipo de trabalho com obras embutidas, nas quais a técnica de execução e materiais aplicados são distintos. (Silva, 2012)

3.2. Os embrechados na Europa: sua origem e evolução

Tal como já foi referido, existe uma forte ligação entre os embrechados e os jardins, arquiteturas de água, nichos, grutas, entre outros. De acordo com estudos realizados, este tema remete para as grutas, ninfeus da Antiguidade Clássica e para as recriações concebidas em Itália durante o Renascimento. (Silva, 2012) (Sabugosa, 1921)

As grutas da Grécia Antiga eram consideradas locais sagrados e com o passar do tempo, as naturais foram sendo ultrapassadas pelas artificiais, devido à expansão dos cultos e à necessidade de distribuição de águas. As grutas com as mais variadas formas, para além de serem locais usados como culto, eram também usadas como refúgios contra inimigos, como locais de enterro, de habitação divina e, primeiramente, eram utilizadas para habitat de *trogloдитas*. (Silva, 2012)

Surgem, neste contexto, as fontes consagradas às ninfas, conhecidas como *nymphae*, que inicialmente eram simples casas-fonte e que foram substituídas por sistemas hidráulicos. Este termo foi usado posteriormente para referenciar fontes públicas e grutas artificiais. (Silva, 2012)

As grutas tornaram-se elementos abundantes em jardins de aristocratas romanos mais abastados no século I a.C., onde era possível observar a existência de dois tipos de arquitetura: a gruta que imitava uma caverna e a *nymphaeum* (templo dedicado às ninfas). A gruta representava assim lugares ligados à meditação, descanso, renovação, festa e excentricidade. (Silva, 2012)

Segundo Virgílio, em Eneida, as grutas eram a morada das musas, locais onde se acedia depois de atravessar um bosque escuro e sombrio, que conduzia até à beira de um penhasco onde se abrigava a caverna rochosa. No seu interior, havia água fresca jorrando da nascente e assentos de pedra em toda a volta. (Silva, 2012)

Alguns documentos escritos referem que como revestimento das grutas do período Clássico, eram usadas pedras-pomes que podiam ser de dois tipos: as formadas a partir de combustão e as formadas pela espuma do mar. Eram também usados outros materiais tais como: concreções calcárias, estalactites e conchas que formavam figuras geométricas, plantas, animais, entre outros. (Silva, 2012)

No século XVI, em Itália, existiu uma grande proliferação de grutas artificiais. As conchas usadas para revestir as grutas apaixonaram a Inglaterra durante os séculos XVII e XVIII. Chegaram a importar conchas raras, a fazerem licitações, gastando pequenas fortunas, *“Quanto mais largas e mais exóticas eram as conchas, mais admiração e inveja suscitavam”*. (Silva, 2012)

Os detentores destas obras de arte visitavam as casas uns dos outros para *“ admirar ou criticar o projecto e a sua execução, bem como estudar e cobiçar espécies invulgares. Uma complexa gruta ou casa de conchas poderia levar décadas a ser criada por um proprietário obsessivo”*. (Silva, 2012)

Em Itália, este revestimento usado em grutas denomina-se *polimaterica*. Decorrem estudos sobre os materiais usados no revestimento das grutas florentinas do século XVI onde se usavam: faianças, porcelanas, búzios, conchas, mosaicos em pedra, corais, contas de vidro, entre outros. (Silva, 2012)

Muitos dos artistas Italianos viajaram pela Europa ao serviço de senhores para executarem estas obras de arte. Porém, é importante referir que, por vezes, se chamaram a Itália estrangeiros para a realização dos assuntos mais técnicos. Exemplos deste caso são a fonte do Orgão em Villa D’Este, a gruta do palácio de Parma onde vieram engenheiros alemães do ramo da hidráulica, entre outros. Com a envolvimento de tantas pessoas nestes projetos, promoveu-se a circulação de desenhos, o intercâmbio de materiais, etc. (Silva, 2012)

Por todos estes aspetos referidos, as grutas artificiais foram-se expandindo em toda a Europa. (Silva, 2012)

3.3. Os embrechados no Brasil

Esta técnica expandiu-se até ao Brasil, por influências portuguesas em meados do século XIX e ligada a revestimento de frontões, torres de igrejas, grutas, capelas, muros e bancos de jardim. (Silva, 2012) (Machado)

As paredes dos jardins foram decoradas com embrechados realizados com vários materiais, tais como: conchas, búzios, seixos e fragmentos de porcelana, que criavam alusões a elementos ligados à natureza e à cultura. (Machado)

No Brasil, foram realizadas algumas construções com revestimentos em embrechados como por exemplo:

- Capela de Santo António da Igreja do Recolhimento da Boa Viagem, em Salvador, com revestimentos de fragmentos de vidro, cerâmica policroma e conchas;
- Capela Três Corações do Convento de Santo António, no Rio de Janeiro, onde existem revestimentos de peças inteiras de porcelana oriental;
- Entre outros locais, tais como: Convento de São Francisco, Igreja do Bom Jesus dos Martírios, Igreja de Nossa Senhora da Penha, Jardim das Princesas como se pode visualizar nas figuras 20 e 21, etc. (Silva, 2012) (Machado)



Figura 20. Banco Principal do Jardim das Princesas - Rio de Janeiro (Machado)



Figura 21. Gruta do Jardim das Princesas [10]

3.4. Os embrechados em Portugal

A difusão ocorreu no século XVIII, sempre ligados às ornamentações de grutas em jardins que denotam uma grande influência do Renascimento italiano. Em Portugal, a decoração com este tipo de revestimento não foi só usada para o exterior, foi também utilizada em espaços interiores religiosos. (Silva, 2012)

Nas tabelas que se encontram em anexo apresentam-se os edifícios existentes em Portugal com este tipo de revestimento e os materiais que foram empregues.

3.5. Os materiais mais usados nos embrechados, em Portugal

Pelo que já foi mencionado, verifica-se que há uma grande variedade de materiais que foram aproveitados para construir este tipo de revestimentos: são muitas as texturas criadas, as cores, brilhos, origens, formas e dimensões. São eles os materiais vítreos, os cerâmicos, as porcelanas, a faiança, os materiais conquiliológicos, os materiais pétreos e metalúrgicos. (Silva, 2012)

3.5.1. Materiais Vítreos

O Convento da Arrábida e a Quinta do Calhariz são exemplo de um grande recurso a este tipo de material, sendo este último, o sítio onde o vidro é o material de eleição. Foi um material muito recorrido nos anos de Seiscentos. Na figura 22 apresenta-se um exemplar de um material vítreo usado para revestimento de embrechado. (Silva, 2012)

Grande parte deste material poderá ter origem veneziana, ligada a encomendas feitas por pessoas mais abastadas, como por exemplo titulares de reino. É um material que dá brilho aos embrechados, fazendo com que cada um deles se distinguisse de tantos outros. (Silva, 2012)



Figura 22. Exemplar de um material vítreo – Taça de vidro esmaltado (Silva, 2012)

3.5.2. Materiais Cerâmicos

Dentro dos materiais cerâmicos fazem parte as porcelanas e faianças. Portugal foi o pioneiro comercial das porcelanas *Kraak*, que eram produzidas no sudoeste da China, em Jingdezhen. Este tipo de porcelana era cara “... por conseguinte, encomendada ou comprada pela nobreza, clero e mercados abastados.”. Assim, apresentava-se como sendo um símbolo de poder social. (Silva, 2012)

Alguns exemplos da aplicação deste material como revestimento são o Palácio Ega, a gruta do Paço dos Condes de Basto, entre outros. Estes elementos atribuíam ao embrechado cor, brilho e texturas. (Silva, 2012)

Foi usada ao longo dos séculos XVIII, XIX e XX, sendo exemplo desta aplicação mais tardia a Quinta da Fidalga no Seixal e a Quinta das Torres em Amadora. (Silva, 2012)

Entretanto, no século XVII, os holandeses começaram a ganhar poder em relação a Portugal, no que diz respeito ao controlo do comércio oriental, conduzindo à falta de porcelana da China em Lisboa. Esta escassez foi provocada pela fundação da Companhia das Índias Orientais Holandesas, em 1602. (Silva, 2012)

Surgiu então a necessidade de criar uma imitação de porcelana chinesa, de modo a conseguir vencer a escassez desta. A produção de Faiança teve início em Portugal, entre os finais de Quinhentos e, no século XVII, uma parte da produção nacional copiava a porcelana chinesa. (Silva, 2012)

Nas figuras 23 e 24 apresentam-se dois exemplares deste tipo de material: a porcelana oriental e Faiança. (Silva, 2012)



Figura 23. Exemplar de um prato da porcelana oriental – *kraak* (Silva, 2012)



Figura 24. Exemplar de um prato em Faiança (Best Net Leilões, s.d.)

3.5.3. Materiais Conquiliológicos

Este tipo de material tem uma variedade bastante grande de espécies usadas. Desde sempre que o Homem teve uma grande admiração por este material. Foram usadas como alimento e chegaram a servir como moeda de troca durante muitos séculos, em função do valor que possuíam nessa altura. (Silva, 2012)

As conchas também possuem ligação com a mitologia. Efetivamente, qualquer referência a Vénus, ou Afrodite para os gregos, representava a beleza e o amor. Segundo a lenda, nasceu da espuma das ondas e viveu na ilha de Chipre. Esta lenda serviu de inspiração a muitos artistas, entre os quais se pode destacar Sandro Botticelli, que colocou Vénus a ser transportada para a ilha onde viveu, numa concha. (Silva, 2012)

Para a Igreja Católica as conchas são símbolos de peregrinação, são usadas para beber água ao longo do caminho do peregrino. Um aspeto que também merece ser lembrado, é o de muitas das pias batismais esculpidas em pedra têm a forma de concha. (Silva, 2012)

Devido à sua grande variedade de formas, cores e brilhos, em África, assumiram papéis de adornos pessoais, como pulseira, cintos, etc. (Silva, 2012)

As cores, as formas e os tamanhos elucidam para a sua preferência neste tipo de revestimento. (Silva, 2012)

Alguns dos exemplares de materiais conquiliológicos que se podem encontrar em obras de embrechados encontram-se na figura 25, que se apresentam de seguida. Uma obra repleta deste material de revestimento em embrechado é o Paço das Alcáçovas, onde se podem contabilizar vinte e seis diferentes espécies de conchas. (Silva, 2012)



Figura 25. Exemplares de materiais conquiológicos usados em obras de embrechados (Panoramio, s.d.)

3.5.4. Materiais pétreos e metalúrgicos

Os materiais pétreos e metalúrgicos são materiais que possuem uma geometria irregular devido, na grande maioria dos casos, à maneira de desagregação. São os materiais que transmitem da melhor forma as grutas da Antiguidade. As tonalidades e as variedades de luminosidade são determinantes para a compreensão do conjunto. (Silva, 2012)

São usados materiais como quartzito, mármore, calcite, escórias, entre outros, que se englobam neste conjunto (Figura 26). O Convento de Santa Cruz e a Via Sacra do Buçaco são um grande exemplo da aplicação destes materiais. (Silva, 2012)

Estes elementos que servem para a composição do revestimento apresentam-se como sendo materiais mais “*rudes, pobres e silvestres*”. São materiais que nos transportam mais facilmente para a forte ligação destas obras de arte com as grutas da Antiguidade.



Figura 26. Exemplos de fragmentos de matérias pétreas e metalúrgicas: mármore (em cima, à esquerda); calcite branca (em cima, à direita); escórias (em baixo, à esquerda) e um exemplar com a aplicação de alguns destes materiais (em baixo, à direita). (Silva, 2012)

3.6. Técnicas de execução

As técnicas usadas para a concretização desde revestimento podem variar de caso para caso. Não foi possível apurar muita informação sobre esta técnica, nem mesmo em livros escritos em épocas mais antigas sobre os acabamentos. Existem livros e documentos com instruções profissionais para a execução de fingidos, escaiola e outras técnicas, mas em nenhum dos consultados se fala sobre este revestimento. (Silva, 2012) (Segurado, 1923)

Apesar disso, é expectável que para a aplicação deste revestimento seja necessário empregar uma primeira camada de argamassa de cal de regularização e sobre esta aplicar então uma outra camada de argamassa de cal com espessura entre os 3 a 4 cm. Com esta última camada de argamassa, ainda na fase plástica, antes de ganhar presa, aplicavam-se os materiais pretendidos: as pedras, conchas e os mais variados fragmentos. Estes elementos eram mais ou menos introduzidos na argamassa consoante o relevo que se desejava e o grau de encastramento que era necessário. Para auxiliar na execução dos desenhos, podiam ser realizadas linhas mestras que serviam de guia à pessoa que aplicava o material. (Silva, 2012)

4. TÉCNICA DE AMOSTRAGEM

Tendo como objetivo o estudo do revestimento embrechado é importante desdobrá-lo em dois momentos distintos: materiais decorativos (material pétreo) e material de assentamento (argamassa).

As argamassas e o material embrechado foram retirados de locais que apresentavam anomalias de forma a não sacrificar mais o revestimento original em bom estado de conservação e causar o menor impacto para o património e para os usufrutuários, justificando-se assim as pequenas quantidades de material que foram recolhidas.

O nome das amostras teve em conta a sua natureza (argamassa ou rocha) e a sua localização (Tabela 1). De seguida, são apresentados alguns exemplos da identificação atribuída às amostras.

Tabela 1. Código de identificação das amostras recolhidas

<i>Identificação das amostras</i>						
Tipo de amostra		Edifício de recolha		Local de recolha		
Argamassa	Material embrechado	Convento	Via-Sacra	Fachada	Nártex	Nº do Passo
A	R	C	VS	F	N	1/2 (...)

- ACF.X- Amostra de argamassa (A) do Convento (C), sendo o local de recolha na fachada (F) do mesmo;
- RCN.X- Amostra de rocha (R) do Convento (C), sendo o local de recolha no Nártex (N) do mesmo;
- AVS.8.X- Amostra de argamassa (A) da Via-Sacra (VS), sendo o local de recolha na Capela de Cruz às Costas (8);

4.1. Amostragem de argamassas

Para a presente dissertação recolheu-se pequenas amostras de argamassa e para além destas usou-se para análise algumas argamassas de assentamento extraídas em locais com embrechados durante a dissertação de Filipe Ferreira. Tratam-se dos materiais recolhidos nos locais das amostras seguintes: C1-AA, C1-AR, C3-AR, Cap27-ARI, Cap27-ARII e Cap29-AR. (Ferreira, 2014)

Importa referir que as amostras de argamassa analisadas durante a dissertação de Filipe Ferreira e as testadas durante a presente dissertação não foram as mesmas. As do presente documento tratavam-se de amostras sobrantes, em que a semelhança entre estas e as extraídas por Filipe Ferreira são apenas os locais de recolha.

Na tabela 2, apresenta-se a correspondência entre as identificações dadas nas amostras de argamassa recolhidas nos mesmos locais, entre a presente dissertação e a dissertação de Filipe Ferreira.

Tabela 2. Correspondência entre as amostras de argamassa recolhidas nos mesmos locais entre a presente dissertação e a dissertação de Filipe Ferreira (Ferreira, 2014)

<i>Dissertação “Caracterização de materiais construtivos dos edifícios do Buçaco”</i>	<i>Presente dissertação</i>
C1-AA	ACN.3
C1-AR	ACN.4
C3-AR	ACF.4
Cap27-ARI	AVS.13.1
Cap27-ARII	AVS.13.2
Cap29-AR	AVS.15

4.1.1. Amostragem no Convento de Santa Cruz

Para a presente dissertação foram recolhidas amostras de argamassa da fachada do Convento e do Nártex. Na fachada do Convento, como se pode visualizar na figura 27, foram recolhidas as amostras, ACF.1 (barramento), ACF.2 e ACF.3 (argamassa mais antiga de coloração rosa). A amostra ACF.4 também foi recolhida na fachada no Convento, no local identificado na figura 28.



Figura 27. Local de recolha das amostras ACF.1, ACF.2 e ACF.3



Figura 28. Local de recolha da amostra ACF.4 (Ferreira, 2014)

Também se recolheu amostras de argamassa no Nártex do Convento, nos locais apresentados nas figuras 29 e 30. As amostras extraídas deste local foram identificadas como ACN.1, ACN.2, ACN.3 e ACN.4.



Figura 29. Local de recolha das amostras ACN.1 e ACN.2 (Entrada do Nártex, do lado direito)

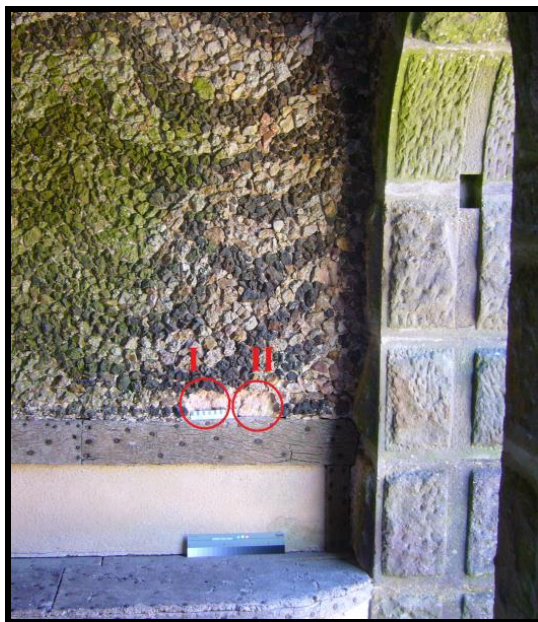


Figura 30. Local de recolha das amostras ACN.3(II) e ACN.4(I) - Entrada do Nártex, do lado direito (Ferreira, 2014)

4.1.2. Amostragem na Via-Sacra

Na zona da Via-Sacra foi recolhida uma amostra de argamassa, na Capela do Passo da Cruz às Costas, identificada como AVS.8, a zona da recolha encontra-se na figura 31.



Figura 31. Local de recolha da amostra AVS.8 - Capela 8º Passo

Foram recolhidas na Capela 13º Passo - Passo da Segunda Queda - as amostras AVS.13.1 e AVS.13.2. Foram retiradas dos locais identificados da figura 32.



Figura 32. Local de recolha das amostras AVS.13.1(II) e AVS.13.2 (III) - Capela 13º Passo (Ferreira, 2014)

Na Capela 15º - “Passo da Terceira Queda” (Figura 18) foi recolhida a amostra de argamassa, AVS.15 (Figura 33).



Figura 33. Local de recolha da amostra AVS.15- Capela 15º Passo

4.2. Amostragem de material embrechado

Ao nível do material embrechado, realizou-se a recolha em vários locais do Convento de Santa Cruz e Via-Sacra. Procedeu-se ao levantamento de amostras em quantidades suficientes que permitissem estudar as suas composições mineralógicas e químicas.

4.2.1. Amostragem no Convento de Santa Cruz

Na fachada do Convento de Santa Cruz foram recolhidas as seguintes amostras: a RCF.1, a RCF.2, a RCF.3, a RCF.4 e a RCF.5. O local da recolha das amostras foi feito em zonas onde era visível o destacamento do material embrechado (Figura 34).



Figura 34. À esquerda é apresentado o local de recolha da amostra RCF.2 e à direita o local onde se procedeu à recolha das amostras RCF.1, RCF.3.+P, RCF.4.-P e RCF.5.

No nártex, foi recolhida uma amostra de rocha, identificada como RCN.1, cujo local de recolha se encontra na figura 35.



Figura 35. Local de recolha da amostra RCN.1 – Nártex do Convento

4.2.2. Amostragem na Via-Sacra

Na Via-Sacra as amostras foram retiradas de vários Passos, na Capela Cruz às Costas (Figura 36) recolheu-se a amostra RVS.8.



Figura 36. Local de recolha da amostra RVS.8 – Capela Cruz às Costas

Na Capela do Passo da Primeira Queda (Figura 37), recolheu-se as amostras RVS.9.1, RVS.9.2 e a RVS.9.3.



Figura 37. Local de recolha das amostras RVS.9.1, RVS.9.2 e RVS.9.3 – Capela do Passo da Primeira Queda

Também foram recolhidas as amostras RVS.11.1 e a RVS.11.2. Foram retiradas da Capela do Passo do Cireneu (Figura 38).



Figura 38. Local de recolha das amostras RVS.11.1, RVS.11.2 – Capela do Passo do Cireneu

Por último, na Capela do Passo do Sepulcro (Figura 39), retirou-se a amostra RVS.19, amostra do rodapé da Capela.



Figura 39. Local de recolha das amostras RVS.19 – Capela do Passo do Sepulcro

4.3. Tabelas síntese da amostragem

Nas tabelas 3, 4, 5, 6, 7 e 8 apresentam-se todas as amostras recolhidas, os locais da sua recolha e, no caso das amostras de argamassa, a altura da sua recolha e o seu estado de conservação.

Tabela 3. Síntese das amostras recolhidas para a presente dissertação

<i>Local da Recolha</i>		<i>Tipo de amostra</i>	<i>Nome da Amostra</i>	<i>Altura da recolha (m)</i>
Convento de Santa Cruz	Fachada do Convento	Argamassa de suporte	ACF.1	1,10
			ACF.2	1,10
			ACF.3	1,10
			ACF.4	0,20
		Material embrechado	RCF.1	n.r.
			RCF.2	n.r.
			RCF.3	n.r.
			RCF.4	n.r.
			RCF.5	n.r.
	Nártex do Convento	Argamassa de suporte	ACN.1	1,45
			ACN.2	1,45
			ACN.3	1,05
			ACN.4	1,05
		Material embrechado	RCN.1	n.r.
Via-Sacra	Capela 8º Passo “Cruz às Costas”	Material embrechado	RVS.8	n.r.
		Argamassa de suporte	AVS.8	1,48
	Capela 9º Passo “Passo da primeira queda”	Material embrechado	RVS.9.1	n.r.
			RVS.9.2	n.r.
			RVS.9.3	n.r.
	Capela 11º Passo “Passo do Cireneu”	Material embrechado	RVS.11.1	n.r.
			RVS.11.2	n.r.
	Capela 13º Passo “Passo da Segunda Queda”	Argamassa de suporte	AVS.13.1	1,40
			AVS.13.2	0,80

<i>Local da Recolha</i>		<i>Tipo de amostra</i>	<i>Nome da Amostra</i>	<i>Altura da recolha (m)</i>
Via-Sacra	Capela 15º Passo “Passo da Terceira Queda	Argamassa de suporte	AVS.15	1,54
	Capela 19º Passo “Passo do Sepulcro”	Material embrechado	RVS.19	n.r.

n.r. – não registado

Tabela 4. Amostras de material embrechado recolhido no Convento de Santa Cruz

<i>Amostras do Convento de Santa Cruz</i>			
RCF.1	RCF.2	RCF.3	RFC.4
			
	RCF.5	RCN.1	
			

Tabela 5. Amostras de material embrechado recolhido na Via-Sacra




<i>Amostras da Via-Sacra</i>			
RVS.8	RVS.9.1	RVS.9.2	RVS.9.3
			
RVS.11.1	RVS.11.2	RVS.19	
			

Tabela 6. Amostras de argamassa recolhidas na presente dissertação

<i>Amostras de argamassa da presente dissertação (após moagem)</i>			
AVS.8	ACF.1	ACF.2	ACF.3
			
	ACN.1	ACN.2	
			

Tabela 7. Amostras de argamassa recolhidas por Filipe Ferreira








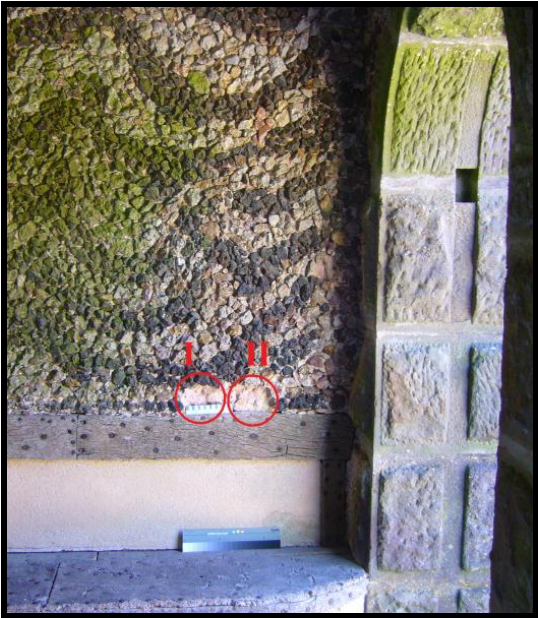






<i>Amostras de argamassa de Filipe Ferreira</i>			
ACN.3	ACN.4	ACF.4	AVS.13.1
			
	AVS.13.2	AVS.15	
			





Tabela 8. Amostras de argamassa: identificação, local de recolha e estado de conservação

<i>Identificação da amostra e sua descrição</i>	<i>Fotografia do local de recolha</i>	<i>Estado de Conservação da amostra</i>
ACN.1		
 <p>Amostra de argamassa de assentamento de coloração cinza, recolhida no Nártex do Convento de Santa Cruz</p>		Bom estado de Conservação

<i>Identificação da amostra e sua descrição</i>	<i>Fotografia do local de recolha</i>	<i>Estado de Conservação da amostra</i>
ACN.2  Amostra de argamassa de assentamento de coloração rosa, recolhida no Nártex do Convento de Santa Cruz		Bom estado de Conservação
ACN.3  Amostra de argamassa de assentamento de coloração rosa, recolhida no Nártex do Convento de Santa Cruz (II)		Bom estado de conservação

<i>Identificação da amostra e sua descrição</i>	<i>Fotografia do local de recolha</i>	<i>Estado de Conservação da amostra</i>
<p>ACN.4</p>  <p>Amostra de argamassa de assentamento de coloração rosa, recolhida no Nártex do Convento de Santa Cruz (I)</p>		<p>Bom estado de Conservação</p>
<p>ACF.1</p>  <p>Amostra de argamassa de assentamento de coloração castanhada recolhida na fachada do Convento de Santa Cruz</p>		<p>Mau estado de Conservação</p>

<i>Identificação da amostra e sua descrição</i>	<i>Fotografia do local de recolha</i>	<i>Estado de Conservação da amostra</i>
<p>ACF.2</p>  <p>Amostra de argamassa de assentamento de coloração castanhada recolhida na fachada do Convento de Santa Cruz</p>		Mau estado de Conservação
<p>ACF.3</p>  <p>Amostra de argamassa de assentamento de coloração rosa recolhida na fachada do Convento de Santa Cruz</p>		Mau estado de Conservação

<i>Identificação da amostra e sua descrição</i>	<i>Fotografia do local de recolha</i>	<i>Estado de Conservação da amostra</i>
<p>ACF.4</p>  <p>Amostra de argamassa de assentamento de coloração amarela recolhida na fachada do Convento de Santa Cruz</p>		<p>Mau estado de Conservação</p>
<p>AVS.8</p>  <p>Amostra de argamassa de assentamento de coloração bege recolhida na Via-Sacra, Capela do 8º Passo</p>		<p>Mau estado de Conservação</p>

<i>Identificação da amostra e sua descrição</i>	<i>Fotografia do local de recolha</i>	<i>Estado de Conservação da amostra</i>
<p>AVS.13.1</p>  <p>Amostra de argamassa de assentamento de coloração rosa recolhida na Via-Sacra, Capela do 13º Passo (II)</p>		<p>Mau estado de conservação</p>
<p>AVS.13.2</p>  <p>Amostra de argamassa de assentamento de coloração bege recolhida na Via-Sacra, Capela do 13º Passo (III)</p>		<p>Mau estado de conservação</p>
<p>AVS.15</p>  <p>Amostra de argamassa de assentamento de coloração castanha recolhida na Via-Sacra, Capela do 15º Passo</p>		<p>Bom estado de conservação</p>

5. ANÁLISE DE AMOSTRAS

5.1. Metodologia de análise de ensaio

Após a definição das metas, construiu-se, então, a metodologia de acordo com os objetivos que foram estabelecidos e as técnicas disponíveis. Posteriormente fez-se a recolha de amostras de revestimento embrechado.

Na figura 40, pode-se visualizar que as amostras de material embrechado e as amostras de argamassa recolhidas em pequena quantidade foram devidamente preparadas e enviadas para análise DRX e FRX. Às amostras de argamassa que possuíam maior quantidade de material realizaram-se ensaios de dissolução ácida e análise granulométrica.

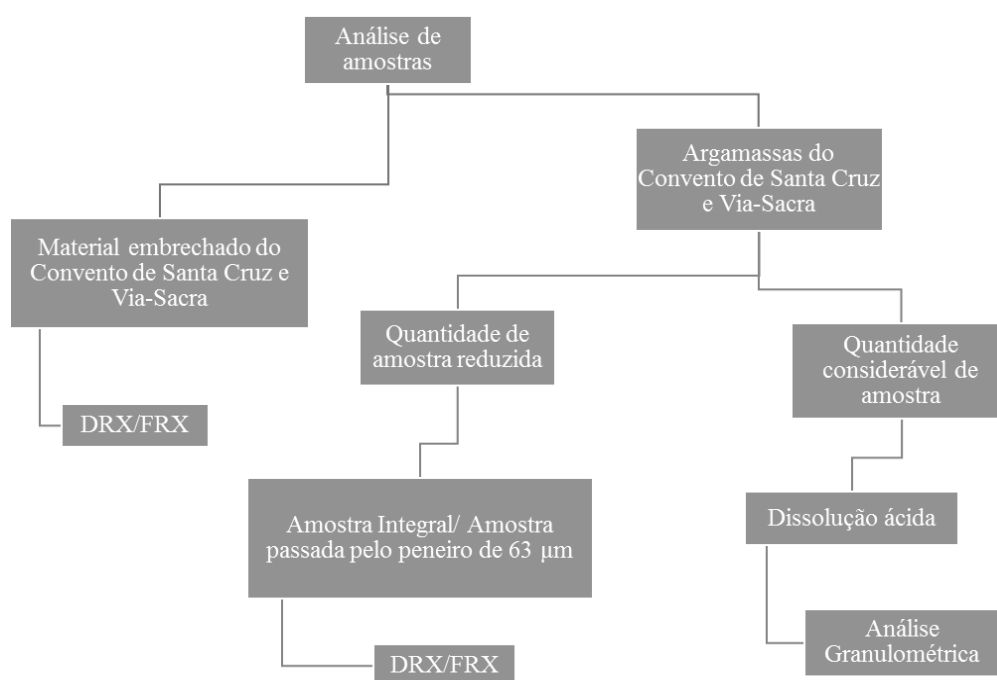


Figura 40. Cronograma da sequência dos ensaios realizados para a análise das amostras recolhidas

Nas tabelas 9 e 10, apresenta-se, respetivamente, os ensaios realizados a cada uma das amostras de material embrechado e argamassa. Estes ensaios, realizados às argamassas, têm como objetivo tirar conclusões sobre a composição química e mineralógica das argamassas, determinar os traços e fazer um estudo sobre a granulometria dos agregados usados.

Tabela 9. Ensaios realizados às amostras de material embrechado

<i>Identificação da amostra</i>		<i>DRX</i>	<i>FRX</i>
Material embrechado	RCF.1	X	X
	RCF.2	X	X
	RCF.3	X	X
	RCF.4	X	X
	RCF.5	X	X
	RCN.1	X	X
	RVS.8	X	X
	RVS.9.1	X	X
	RVS.9.2	X	X
	RVS.9.3	X	X
	RVS.11.1	X	X
	RVS.11.2	X	X
	RVS.19	X	X

Tabela 10. Ensaios realizados às amostras de argamassa

<i>Identificação da amostra</i>		<i>DRX</i>	<i>FRX</i>	<i>Análise Granulométrica</i>	<i>Dissolução ácida</i>
Argamassa	ACN.1	X	X		
	ACN.2	X	X		
	ACN.3			X	X
	ACN.4			X	X
	ACF.1	X	X		
	ACF.2	X	X		
	ACF.3	X	X		
	ACF.4			X	X
	AVS.8	X	X		
	AVS.13.1			X	X
	AVS.13.2			X	X
	AVS.15			X	X

5.1.1. Difractometria de Raios-X

A análise de difração de raios-X (DRX) permite a obtenção de informação qualitativa sobre os compostos cristalinos existentes nas amostras (análise mineralógica). Os elementos presentes são detetados a partir da excitação da amostra que é feita por um feixe de raios-X. Este ensaio foi realizado às amostras de material embrechado e argamassas recolhidas do Convento e Via-Sacra.

Antes do ensaio, as amostras de material embrechado tiveram de ser devidamente preparadas. Esta preparação incluiu a sua lavagem para retirar a matéria orgânica que as envolvia e a extração dos resíduos de argamassa que estavam aderentes às rochas. Seguidamente, foram enxutas numa estufa com uma temperatura de 60°C, durante 24 horas.

Posteriormente, as rochas foram partidas com dimensões inferiores a 1cm, dentro de um saco, com o auxílio de uma marreta, para que não houvesse contaminação das amostras com o ferro do instrumento usado. Por último, foi usado um moinho de argolas para deixar as amostras em pó (Figura 41).



Figura 41. Moinho de argolas usado para a preparação das amostras a enviar para análise DRX e FRX

As amostras de argamassas foram desagregadas com o auxílio do almofariz e do pilão. Os ensaios foram realizados à amostra integral e, também apenas ao passado pelo peneiro de 63 µm, conseguindo assim obter resultados mais conclusivos em relação ao ligante usado.

5.1.2. Análise de fluorescência raios-X

O ensaio de fluorescência raios-X (FRX) permite complementar a informação retirada da análise de difração raios-X. Este consiste num feixe de raios-X que incide numa amostra de pó do material a estudar e permite determinar os elementos químicos presentes. A preparação das amostras seguiu um procedimento análogo ao usado para o ensaio DRX.

5.1.3. Determinação da fração solúvel por dissolução ácida

Este ensaio consiste em atacar as amostras com ácido clorídrico (HCL - diluído à razão de 1:1), conseguindo assim a dissolução dos carbonatos (calcite, portlandite, dolomite, magnesite) e a obtenção de um resíduo.

As amostras de argamassas usadas neste ensaio foram as recolhidas durante a amostragem realizada para a “Caracterização de materiais construtivos dos edifícios do Buçaco”, por Filipe Bettencourt Ferreira, e foram escolhidas, para o ensaio, apenas as relativas aos locais com embrechados.

As amostras foram primeiramente colocadas numa estufa a 100°C e depois desagregadas recorrendo a um almofariz. Depois das amostras se encontrarem devidamente desagregadas, estas foram pesadas para um copo de vidro e molhadas com algumas gotas de água. Posteriormente juntou-se o ácido clorídrico, tendo o cuidado de manter uma efervescência controlada, ver figura 42.



Figura 42. Ensaio para a determinação da percentagem de resíduo insolúvel – Aplicação do ácido clorídrico à amostra

Seguidamente, a amostra foi fervida por dois minutos e depois repousou durante algum tempo. Com o recurso a um filtro, realizou-se a filtração da suspensão obtida, tendo o cuidado de arrastar todas as partículas do resíduo para o filtro (Figura 43).



Figura 43. Ensaio para a determinação da percentagem de resíduo insolúvel – Filtração da suspensão obtida

Por fim, realizou-se a secagem do filtro com o resíduo até este ter massa constante. Depois deste conjunto de procedimentos determinou-se a percentagem de resíduo insolúvel em ácido clorídrico, através da seguinte equação (1):

$$\% \text{ Re. Ins.} = \frac{m_r - m_0}{m_a} \quad (1)$$

Onde:

m_0 - Massa do filtro (g)

m_r - Massa do filtro com resíduo (g)

m_a - Massa da amostra (g)

5.1.4. Análise granulométrica do resíduo

Este ensaio, realizado segundo a norma NP EN933-1 (2000), tem por objetivo a determinação da percentagem cumulativa de material passado em cada um dos peneiros (Figura 44).

O ensaio foi executado com o resíduo procedente da dissolução. Foi determinada a percentagem de finos para cada uma das amostras, realizando a sua separação por via húmida.

A restante amostra, após se encontrar seca, com uma quantidade de partículas finas residuais, foi colocada numa série de peneiros colocados por ordem decrescente de abertura da malha. Posteriormente, o conjunto de peneiros foram vibrados durante 10 minutos e, no final, pesou-se a quantidade de material retida em cada um deles. Os peneiros usados (8; 4; 2; 1; 0,5; 0,250; 0,125 e 0,063 mm) estão em conformidade com a ISO 3310-1 (2000).

Os resultados obtidos têm erros associados, uma vez que a quantidade de material usado para a realização da peneiração era inferior à mínima recomendável.



Figura 44. Série de peneiros usados para a determinação da curva granulométrica das diferentes amostras de argamassa

5.2. Resultados

Nesta fase, serão apresentados os resultados dos ensaios que tinham como objetivo a caracterização mineralógica, química e física das amostras recolhidas do revestimento do Buçaco. Nas identificações das amostras de argamassas são apresentadas nas suas terminações um “(P)” ou “(T)”, que correspondem respetivamente a amostra parcial (P), ou seja, à amostra de material passado pelo peneiro de 63 μm e à amostra na sua totalidade (T), sem separação dos finos.

5.2.1. Difractometria de raios-X

Na tabela 11 apresentam-se os tempos de moagem necessários para as amostras de rochas ficarem no estado pretendido para a realização do ensaio, dando, desta forma, para estabelecer uma relação entre a dureza das mesmas.

Tabela 11. Tempo de moagem das amostras de material embrechado

<i>Identificação da amostra</i>	<i>Tempo de moagem (min.)</i>
RCF.1	8
RCF.2	2
RCF.3	2
RCF.4	45(*)+10
RCF.5	3
RCN.1	10
RVS.8	13
RVS.9.1	3
RVS.9.2	3
RVS.9.3	2
RVS.11.1	20
RVS.11.2	13
RVS.19	45(*)+20

(*) A quantidade de amostra que ia para o moinho de cada vez teve de ser reduzida uma vez que as amostras estiveram cerca de 45 minutos e não se logrou a sua redução a pó.

É possível, então, verificar que as amostras mais duras se tratam da RCF.4, a RVS.19 e a RVS.11.1. Não se apresentou um quadro para o tempo de moagem das amostras de argamassa uma vez que todas ficaram em pó em apenas dois minutos.

5.2.1.1. Amostras de material embrechado

Os resultados obtidos para as amostras de material embrechado são apresentados nas tabelas 12 e 13. A tabela 12 diz respeito a amostras do Convento de Santa Cruz e a tabela 13 apresenta os resultados das amostras recolhidas na Via-Sacra.

Tabela 12. Resultados DRX das amostras de material embrechado recolhido no Convento de Santa Cruz

<i>Minerais Presentes</i>	<i>Identificação das Amostras</i>					
	RCF.1	RCF.2	RCF.3	RCF.4	RFC.5	RCN.1
<i>Quartzo</i>	++++	++++	+	Vstg.	++++	++++
<i>Feldspatos</i>	-	+	Vstg.	Vstg.	-	-
<i>Filossilicatos</i>	-	Vstg.	-	Vstg.	-	-
<i>Olivina</i>	-	-	-	++++	-	-
<i>Opala C/Ct</i>	-	-	++++	-	-	-
<i>Magnetite/Maghemite</i>	-	-	+++	-	-	-
<i>Piroxenas</i>	-	-	-	Vstg.	-	-

++++ para abundante a + presente; Vstg- Vestigial

Pela análise à tabela 12, constata-se que o mineral mais abundante nas amostras é o quartzo. A amostra RCF.1 apresenta apenas o mineral quartzo, assim como as amostras: RCF.5 e RCN.1.

Relativamente ao material embrechado que foi recolhido e identificado como RCF.2 este tem na sua constituição quantidades elevadas de quartzo, possui alguns feldspatos e vestígios de minerais do grupo dos filossilicatos.

A amostra RCF.3 possui em quantidades abundantes, opala C/Ct e magnetite/ maghemite. Em quantidade mais reduzida possui quartzo e vestígios de feldspatos.

Um mineral do grupo das olivinas é o que surge com maior intensidade relativa na amostra RCF.4 e em seguida as piroxenas (quantidade vestigial). A amostra também apresenta quantidades muito reduzidas de quartzo, feldspatos e filossilicatos.

Tabela 13. Resultados DRX das amostras de material embrechado de rochas recolhido na Via-Sacra

<i>Minerais Presentes</i>	<i>Identificação das Amostras</i>						
	RVS.8	RVS.9.1	RVS.9.2	RVS.9.3	RVS.11.1	RVS.11.2	RVS.19
<i>Quartzo</i>	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++
<i>Plagioclase</i>	-	Vstg.	-	-	Vstg.	-	-
<i>Mica</i>	-	Vstg.	Vstg.	-	-	-	Vstg.
<i>Feldspatos</i>	-	-	Vstg.	-	-	Vstg.	-
<i>Filossilicatos</i>	-	-	-	-	Vstg.	Vstg.	Vstg.

++++ para abundante a + presente; Vstg- Vestigial

Através da tabela 13, pode-se comprovar, mais uma vez, que o mineral mais presente nas amostras é o quartzo, sendo que, as amostras RVS.8 e RVS.9.3 apresentam na sua composição apenas esse mineral.

As amostras RVS.9.1, RVS.9.2 tem na sua composição, para além do quartzo, minerais do grupo das micas. O primeiro material apresenta também plagioclase e o segundo feldspatos.

Relativamente à amostra identificada como RVS.11.1, o resultado da análise, revela intensidades relativas elevadas para o mineral quartzo e com intensidades inferiores surgem a plagioclase e os filossilicatos.

Com o difractograma da amostra RVS.11.2 foi possível identificar que o mineral mais abundante na amostra é o quartzo. Em quantidades vestigiais aparecem minerais do grupo dos feldspatos e filossilicatos.

A amostra RVS.19 detêm na sua constituição quartzo, mineral mais abundante, e apresenta vestígios de micas e filossilicatos.

5.2.1.2. Amostras de argamassas

Nas tabelas 14 e 15, é possível analisar os resultados obtidos pelo ensaio de difractometria raios-X às amostras de argamassas recolhidas no Convento de Santa Cruz e Via-Sacra.

Tabela 14. Resultados das análises DRX executadas às argamassas recolhidas no Convento de Santa Cruz

<i>Minerais Presentes</i>	<i>Identificação das Amostras</i>					
	ACN.1(P)	ACN.1(T)	ACN.2(P)	ACN.2(T)	ACF.1(T)	ACF.2(T)
<i>Quartzo</i>	++++	++++	+	++++	++++	++++
<i>Calcite</i>	+++	Vstg..	++++	Vstg.	Vstg.	Vstg.
<i>Filossilicatos</i>	Vstg.	Vstg.	Vstg.	Vstg.	Vstg.	Vstg.
<i>Hematite</i>	Vstg.	-	Vstg.	-	-	-
<i>Feldspatos</i>	Vstg.	Vstg.	-	Vstg.	Vstg.	Vstg.

++++ para abundante a + presente; Vstg- Vestigial

A amostra identificada como ACN.1.(P) revela a presença de quartzo e calcite. Em quantidades vestigiais aparecem filossilicatos, hematite e feldspatos.

Relativamente às amostras ACN.1(T), ACN.2(T), ACF.1(T) e ACF.2(T) apresentam na sua constituição abundantemente o mineral quartzo. Como vestígios na amostra são observados o mineral calcite e minerais do grupo dos filossilicatos e feldspatos.

Importa referir que as amostras cuja identificação termina em (P) o mineral calcite aparece com maior abundância, visto corresponder à fração inferior a 63 micras.

A calcite aparece como mineral com maior intensidade relativa na amostra ACN.2(P). Para além da calcite, esta amostra, apresenta minerais de quartzo e quantidades vestigiais de filossilicatos e hematite.

Tabela 15. Resultados das análises DRX executadas às argamassas recolhidas no Convento de Santa Cruz e Via-Sacra

<i>Minerais Presentes</i>	<i>Identificação das Amostras</i>	
	ACF.3(T)	AVS.8(T)
<i>Quartzo</i>	++++	++++
<i>Calcite</i>	<i>Vstg.</i>	<i>Vstg.</i>
<i>Filossilicatos</i>	<i>Vstg.</i>	<i>Vstg.</i>
<i>Hematite</i>	<i>Vstg.</i>	-
<i>Feldspatos</i>	-	-

++++ para abundante a + presente; Vstg- Vestigial

Pela tabela 15, pode-se avaliar que as amostras apresentam os mesmos minerais. O mineral que surge com maior abundância nas amostras é o quartzo. Com menor intensidade aparecem a calcite e os filossilicatos. Para além dos referidos anteriormente, a amostra ACF.3(T) apresenta ter vestígios do mineral hematite.

5.2.2. Análise de fluorescência Raios-X

5.2.2.1. Amostras de material embrechado

Os resultados das análises de fluorescência Raios-X executadas às amostras de material embrechado recolhido no Convento de Santa Cruz e Via-Sacra do Buçaco encontram-se expostos, respetivamente, nas tabelas 16 e 17.

Tabela 16. Resultados FRX das amostras de material embrechado recolhido no Convento de Santa Cruz

<i>Composição Química (%)</i>	<i>Identificação das Amostras</i>					
	RCF.1	RCF.2	RCF.3	RCF.4	RFC.5	RCN.1
Na ₂ O	0,019	0,249	0,072	0,119	0,022	0,034
MgO	0,054	2,251	0,431	0,835	0,091	0,159
Al ₂ O ₃	0,133	21,887	4,325	5,872	0,118	3,442
SiO ₂	99,531	60,874	39,858	23,656	99,241	93,607
P ₂ O ₅	Nd	0,082	0,897	0,402	0,006	0,020
SO ₃	0,019	0,044	0,040	0,144	0,034	0,013
K ₂ O	0,019	4,076	1,235	1,159	0,007	0,726
CaO	0,026	1,147	0,731	0,721	0,157	0,122
TiO ₂	Nd	0,925	0,236	0,351	Nd	0,252
MnO	Qm	0,038	2,154	3,336	Qm	Qm
Fe ₂ O ₃	0,039	6,367	49,467	63,044	0,046	0,944
Rb	Qm	0,024	Qm	Qm	Qm	Qm
Ba	Qm	0,031	0,042	0,027	Qm	Qm
Zr	Qm	0,027	Qm	Qm	Qm	Qm
LOI	0,160	1,800	0,430	0,230	0,270	0,620

Nd-não definido; Qm-quantidades menores

Analisando a tabela 16, é possível constatar que a grande maioria das amostras de material embrechado apresentam uma elevada percentagem de SiO₂, com exceção das amostras RCF.3, RCF.4. Nas amostras RCF.3 e RCF.4 o composto com maior percentagem é o Fe₂O₃.

Através do resultado do ensaio DRX à amostra RCF.4, o mineral que se apresenta com maior intensidade relativa é faialite (Fe₂SiO₄), mineral do grupo das olivinas. A análise FRX veio comprovar que realmente este mineral se encontra na rocha, tendo em conta a elevada percentagem de ferro, cerca de 63%, e a presença de SiO₂.

As amostras RCF.1, RFC.5 e RCF.8 apresentam composições químicas muito semelhantes e apresentam uma elevada percentagem de SiO₂. Importa referir que a composição química do quartzo é geralmente muito próxima de 100% de SiO₂, que é o que se verifica nestas amostras. Para além da sílica estas amostras apresentam reduzidas percentagens de óxidos, que podem resultar de inclusões de outros minerais ou líquidos que preenchem as cavidades do interior das amostras.

Relativamente à amostra RCF.2, esta apresenta uma composição diferente de todas as outras, apesar de ter presente uma elevada percentagem de óxido de silício, detêm cerca de 22% de óxido de alumínio.

Tabela 17. Resultados FRX das amostras de material embrechado recolhido na Via-Sacra

<i>Composição Química (%)</i>	<i>Identificação das Amostras</i>						
	RVS.8	RVS.9.1	RVS.9.2	RVS.9.3	RVS.11.1	RVS.11.2	RVS.19
Na ₂ O	0,023	1,283	1,009	0,020	0,685	1,526	0,027
MgO	0,185	0,836	2,036	0,106	1,861	1,795	0,180
Al ₂ O ₃	0,375	8,560	17,064	0,179	8,736	19,003	2,653
SiO ₂	98,287	83,560	66,618	99,350	81,906	64,304	87,761
P ₂ O ₅	0,018	0,118	0,039	0,010	0,108	0,101	0,021
SO ₃	0,016	0,037	0,031	0,016	0,014	0,043	0,013
K ₂ O	0,058	1,256	2,033	0,030	1,225	3,773	0,414
CaO	0,093	0,052	0,070	0,052	0,064	0,131	0,070
TiO ₂	0,008	0,395	0,751	Nd	0,327	0,783	0,187
MnO	Qm	Qm	Qm	Qm	Qm	Qm	Qm
Fe ₂ O ₃	0,654	2,380	5,884	0,109	3,369	5,103	0,392
Rb	Qm	Qm	Qm	Qm	Qm	Qm	Qm
Ba	Qm	Qm	0,032	Qm	Qm	0,046	Qm
Zr	Qm	Qm	0,028	Qm	Qm	Qm	0,025
LOI	0,270	1,410	3,300	0,120	1,610	3,250	8,060

Nd-não definido; Qm-quantidades menores

Pela análise da tabela 17, verifica-se que as amostras RVS.8, RVS.9.3 e RVS.19 apresentam quantidades elevadas de SiO₂ e alguns óxidos em percentagens residuais.

As amostras RVS.9.1 e RVS.11.1 mostram ter composições químicas muito semelhantes. Possuem percentagens de óxido de silício na ordem dos 80% e percentagens de óxidos de alumínio de cerca de 8%.

As restantes amostras, RVS.9.2 e RVS.11.2, detêm as menores percentagens de SiO₂. As quantidades deste composto químico variam entre os 66% e 64%. Estas amostras também apresentam percentagens quase idênticas de óxido de alumínio.

5.2.2.2. Amostras de argamassas

Nas tabelas 18, 19 e 20, apresentam-se, respetivamente, os resultados da composição química de cada uma das amostras de argamassa recolhidas. As tabelas 18 e 19 dizem respeito às amostras do Convento de Santa Cruz e a tabela 20 corresponde às argamassas da Via-Sacra.

Tabela 18. Resultados FRX das amostras de argamassa recolhidas no Convento de Santa Cruz

<i>Composição Química (%)</i>	<i>Identificação das Amostras</i>					
	ACN.1(P)	ACN.1(T)	ACN.2(P)	ACN.2(T)	ACF.1(P)	ACF.1(T)
NaO ₂	0,201	0,247	0,161	0,184	0,131	0,105
MgO	7,460	3,885	1,00	0,825	9,552	6,774
Al ₂ O ₃	9,898	5,819	4,586	6,067	12,090	7,353
SiO ₂	23,288	63,334	16,537	58,381	26,649	58,683
P ₂ O ₅	0,092	0,066	0,084	0,083	0,081	0,062
SO ₃	1,138	0,896	0,672	0,491	0,650	0,502
Cl	0,200	0,096	0,218	0,169	0,129	0,083
K ₂ O	0,950	1,584	0,824	2,957	0,455	0,463
CaO	26,108	14,144	41,109	19,461	19,638	14,062
TiO ₂	0,236	0,137	0,183	0,131	0,274	0,153
Fe ₂ O ₃	2,574	1,324	1,516	1,250	3,087	1,372
MnO	0,103	0,042	0,024	0,034	0,096	0,043
Sr	0,021	Qm	0,035	Qm	Qm	Qm
As	Qm	Qm	Qm	Qm	Qm	Qm
Ba	Qm	Qm	Qm	0,039	Qm	Qm
LOI	27,680	8,390	33,000	9,850	27,110	10,310

Tabela 19. Resultados FRX das amostras de argamassa recolhidas no Convento de Santa Cruz

<i>Composição Química (%)</i>	<i>Identificação das Amostras</i>		
	ACF.2(P)	ACF.2(T)	ACF.3(T)
NaO ₂	0,077	0,064	0,134
MgO	16,862	10,229	3,929
Al ₂ O ₃	8,279	5,092	5,831
SiO ₂	17,698	50,955	54,060
P ₂ O ₅	0,057	0,054	0,079
SO ₃	0,218	0,173	0,111
Cl	0,017	0,012	0,028
K ₂ O	0,421	0,379	3,116
CaO	29,784	17,648	18,456
TiO ₂	0,150	0,098	0,094
Fe ₂ O ₃	3,017	1,432	1,252
MnO	0,307	0,128	0,026
Sr	Qm	Qm	Qm
As	0,018	Qm	Qm
Ba	Qm	Qm	Qm
LOI	32,030	13,690	12,810

Nd-não definido; Qm-quantidades menores

Tabela 20. Resultados FRX das amostras de argamassa recolhido na Via-Sacra

<i>Composição Química (%)</i>	<i>Identificação da amostra</i>
	AVS.8 (T)
NaO ₂	0,157
MgO	7,627
Al ₂ O ₃	5,803
SiO ₂	61,376
P ₂ O ₅	0,055
SO ₃	0,428
Cl	0,111
K ₂ O	0,626
CaO	10,337
TiO ₂	0,089
Fe ₂ O ₃	2,580
MnO	0,056
Sr	Qm
As	Qm
Ba	Qm
LOI	10,720

Nd-não definido e Qm-quantidades menores

A análise química realizada permite aferir que os compostos químicos mais abundantes nas amostras do Convento e Via-Sacra são o óxido de cálcio, o óxido de silício e o valor de perda ao rubro. O óxido de cálcio está relacionado com o ligante usado - cal aérea. As percentagens elevadas de óxido de silício correspondem aos agregados de natureza siliciosa empregues nas argamassas.

Através da análise das tabelas 18, 19 e 20, repara-se que existe uma percentagem de perda ao rubro elevada quando se trata as amostras terminadas em “(P)”, uma vez que estas correspondem apenas ao material da amostra passado pelo peneiro de 63 μm (material fino), que permite identificar mais facilmente o material fino usado nas argamassas. Este valor, mais uma vez, vem confirmar a combustão de carbonatos nas amostras uma vez que este representa a percentagem de amostra perdida quando se queima 1g da amostra a 1000°C durante 3h.

Regista-se que algumas amostras possuem Mg, indiciando que a cal utilizada terá sido obtida de uma marga, produzindo uma cal dolomítica.

Nas amostras terminadas em “(T)” o composto químico mais presente trata-se do óxido de silício, uma vez que a análise foi realizada às amostras na sua totalidade e estas têm maiores quantidades do agregado usado quando comparadas com as amostras cuja identificação termina em “(P)”.

As amostras recolhidas apresentam alguma percentagem de óxido de ferro que é o principal responsável pela atribuição de coloração às argamassas.

5.2.3. Determinação da fração solúvel por dissolução ácida

Os resultados obtidos pelo ensaio de determinação da fração solúvel por dissolução ácida, às argamassas, são apresentados na tabela 21.

Tabela 21. Determinação da fração solúvel por dissolução ácida (presente dissertação).

<i>Identificação das Amostras</i>		<i>Fração Solúvel (%)</i>	<i>Resíduo (%)</i>
Amostras recolhidas no Convento de Santa Cruz	ACN.3	10	90
	ACN.4	18	82
	ACF.4	6	94
Amostras recolhidas na Via- Sacra	AVS.13.1	18	82
	AVS.13.2	35	65
	AVS.15	11	89

Pela análise da tabela 21, as amostras ACN.4 e AVS.13.1, apresentam relações de massa de fração solúvel/resíduo de 1:5. Os restantes exemplares de argamassa recolhidos exibem relações de massa entre o ligante e agregados muito distintos. A tabela 21 permite avaliar que a amostra AVS.13.2 possui um traço em massa de 1:2 e as amostras AVS.15 e ACN.3 detêm uma relação de massa de 1:8 e 1:9, respetivamente. A amostra ACF.4, em relação às anteriormente supracitadas, é a que manifesta uma disparidade superior entre as massas de ligante e agregado, cerca de 1:16.

Tal como era expectável, os traços em massa das amostras das argamassas do Convento e Via-Sacra variam bastante. Estes resultados apenas nos permitem ter noção dos traços usados, não nos permitem afirmar com certeza que estes serão definitivamente os traços praticados. Apesar de com este ensaio se considerar que apenas o ligante é dissolvido, também podem ter sido dissolvidos outros materiais cristalinos.

5.2.4. Análise Granulométrica

Nas figuras seguintes são apresentadas as curvas granulométricas dos agregados constituintes das argamassas. Para além de, nesta parte, se apresentar os resultados obtidos, proceder-se-á, também, à comparação dos mesmos com os resultados da dissertação de Filipe Ferreira.

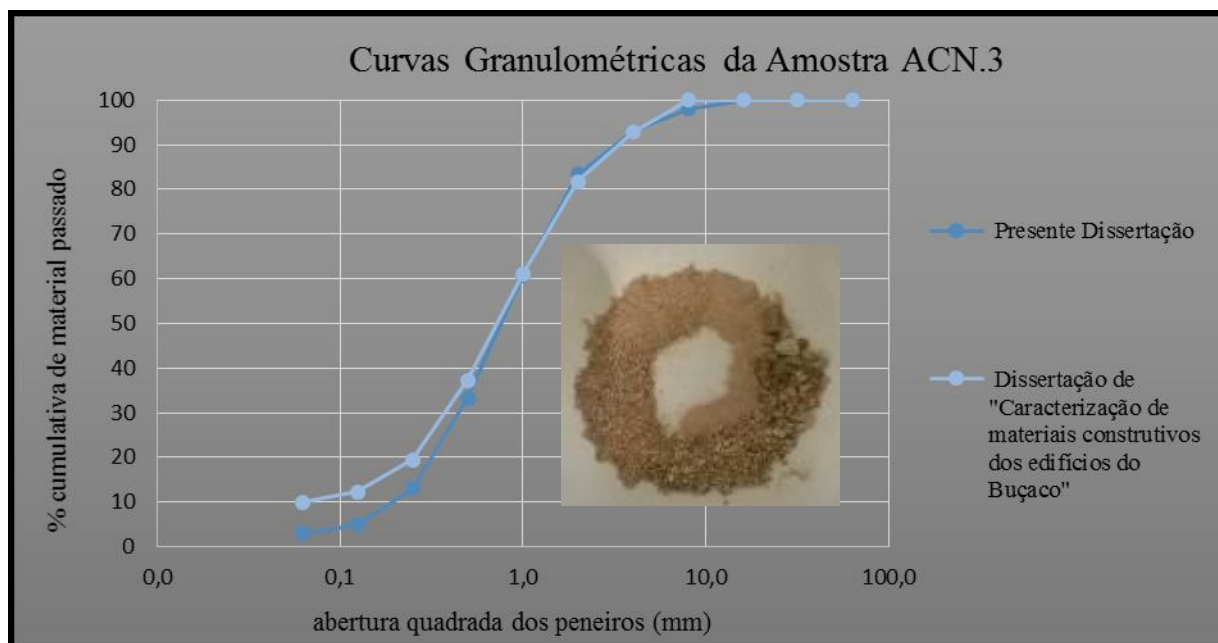


Figura 45. Curva granulométrica da amostra ACN.3

As curvas granulométricas da amostra ACN.3, presentes na figura 45, começam a diferir em maior escala a partir do peneiro de 0,5mm. Na amostra da presente dissertação o material começou a ficar retido no peneiro de 8mm enquanto na amostra da dissertação de “Caracterização de materiais construtivos dos edifícios do Buçaco”, o material apenas começou a ficar retido no peneiro de 4mm. Ambas apresentam uma maior percentagem de material retido nos peneiros de 2mm a 0,250mm. A amostra usada na “Caracterização de materiais construtivos dos edifícios do Buçaco” apresenta maior percentagem de finos, tendência que se verificará em todas as outras amostras analisadas.

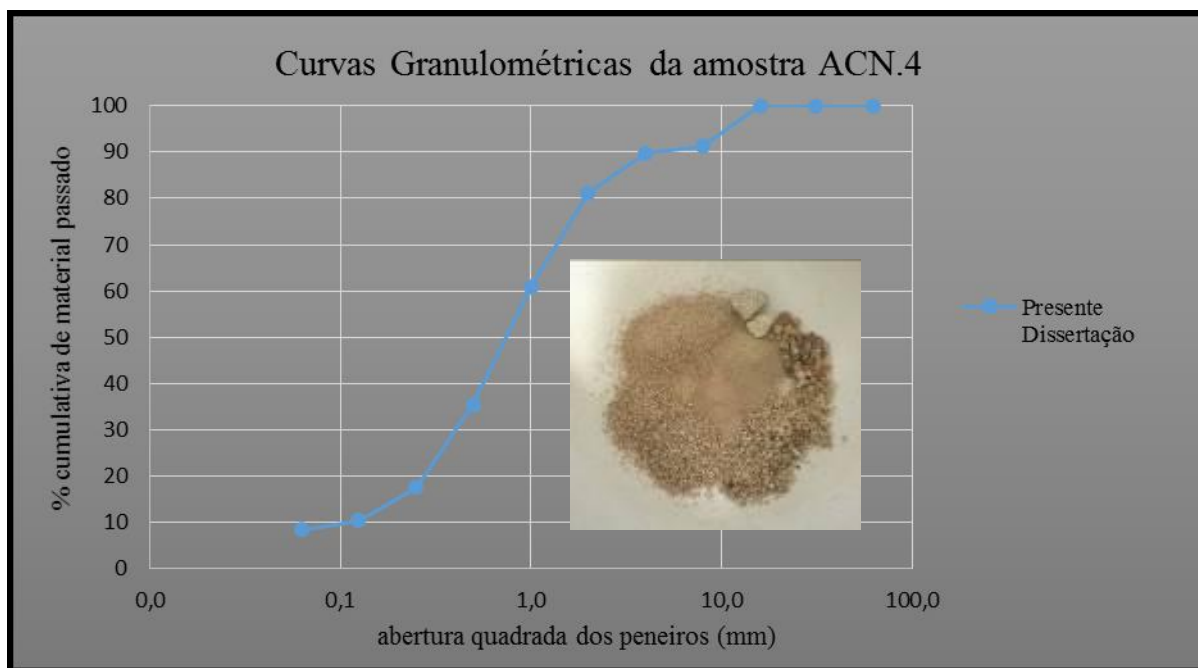


Figura 46. Curva granulométrica da amostra ACN.4

Em relação à amostra ACN.4, só foi realizada a análise na presente dissertação. A curva granulométrica desta amostra revela, através do gráfico da figura 46, que a maior percentagem de material retido se encontra nos peneiros de 1mm a 0,250mm.

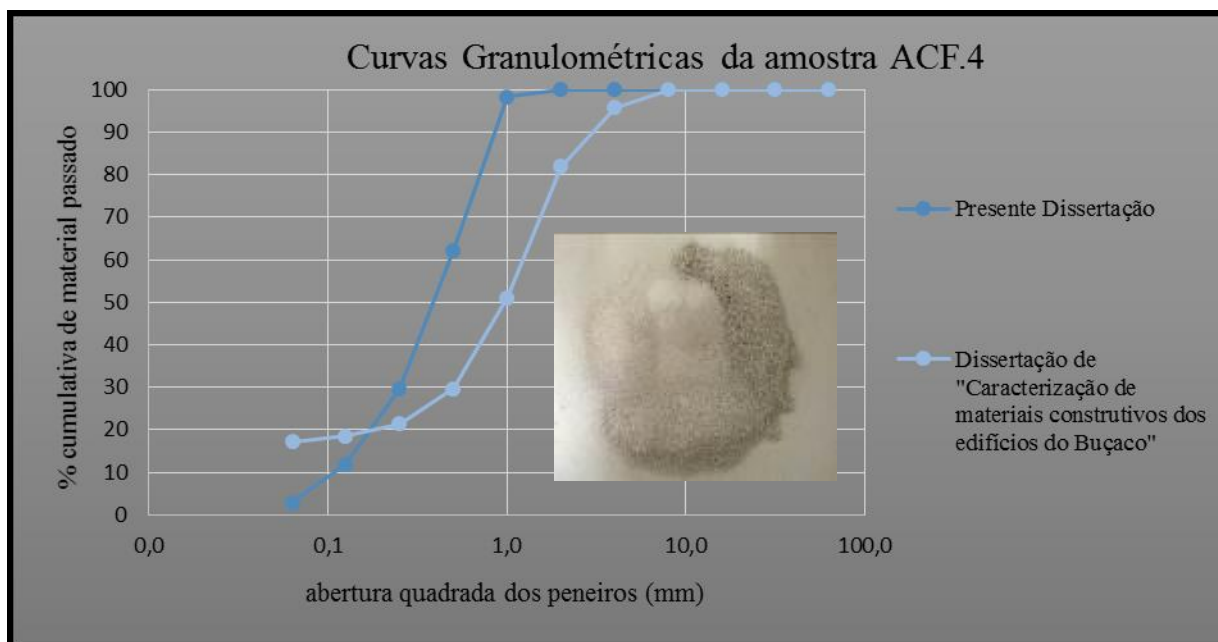


Figura 47. Curva granulométrica da amostra ACF.4

Os resultados obtidos para a amostra ACF.4, estão representados na figura 47. Através da análise das curvas, conclui-se que as amostras apresentam uma granulometria bastante divergente. Na amostra da presente dissertação o material encontra-se retido essencialmente nos peneiros de 0,5mm a 0,125mm.

Em contrapartida a amostra da dissertação de “Caracterização de materiais construtivos dos edifícios do Buçaco” apresenta o agregado um pouco mais distribuído pelos vários peneiros e também uma maior percentagem de finos.

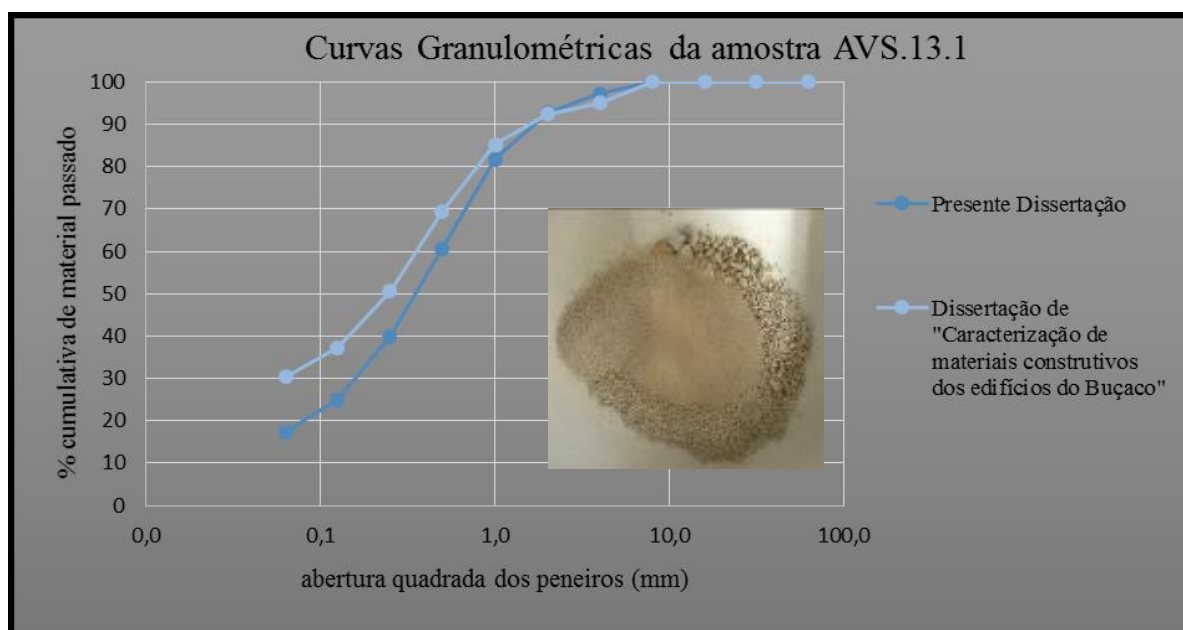


Figura 48. Curva granulométrica da amostra AVS.13.1

A amostra AVS.13.1 apresenta a maior percentagem de material fino comparativamente com todas as outras amostras analisadas.

A amostra da dissertação de “Caracterização de materiais construtivos dos edifícios do Buçaco” revela uma curva granulométrica com o declive menor (Figura 48), quando comparada com a amostra da presente dissertação uma vez que o material desta amostra se encontra melhor distribuído pelos peneiros

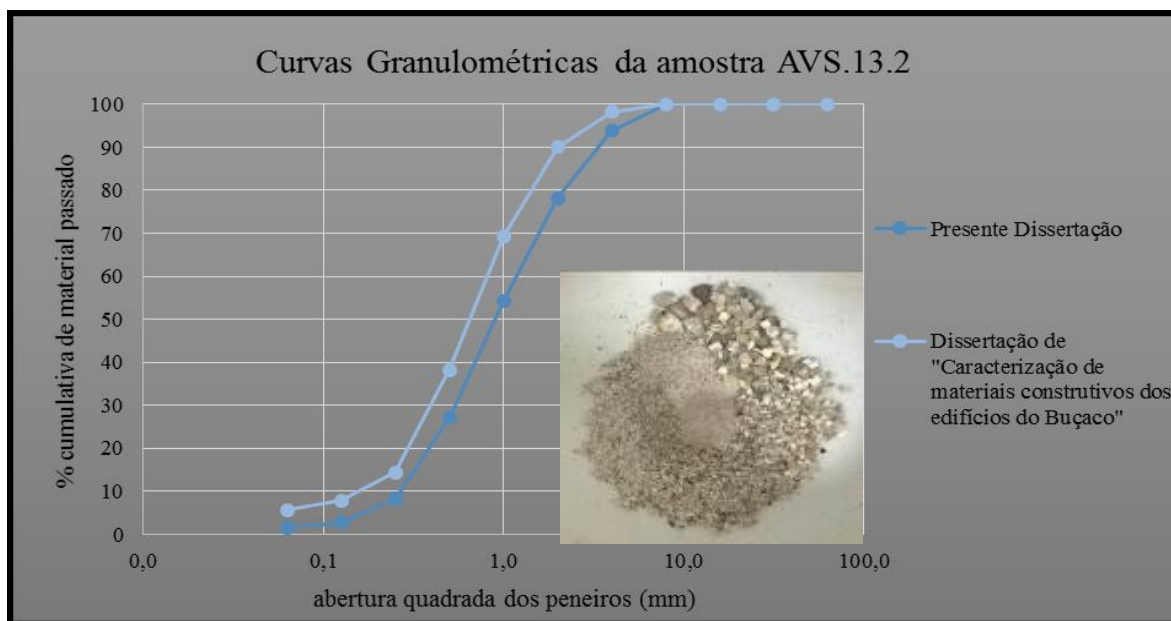


Figura 49. Curva granulométrica da amostra AVS.13.2

A figura 49, que apresenta as curvas relativas à amostra AVS.13.2, revela que a amostra da dissertação de “Caracterização de materiais construtivos dos edifícios do Buçaco” tem uma maior percentagem de finos.

Ambas as amostras apontam para uma maior percentagem de material retido nos peneiros de 2mm a 0,250mm, traduzida pelo grande declive do gráfico nessa zona.

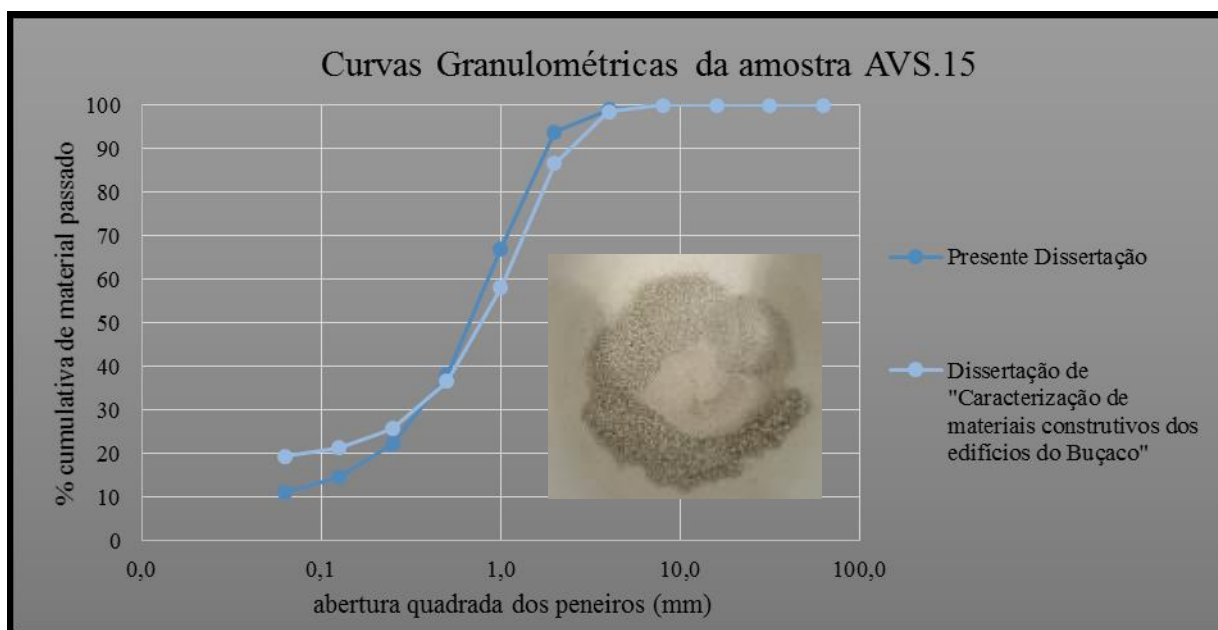


Figura 50. Curva granulométrica da amostra AVS.15

Na figura 50, constata-se, também, que a amostra AVS.15 relativa à dissertação de “Caracterização de materiais construtivos dos edifícios do Buçaco”, apresenta uma maior percentagem de finos. O material em ambas as amostras encontra-se mais concentrado nos peneiros de 1 mm e 0,5mm.

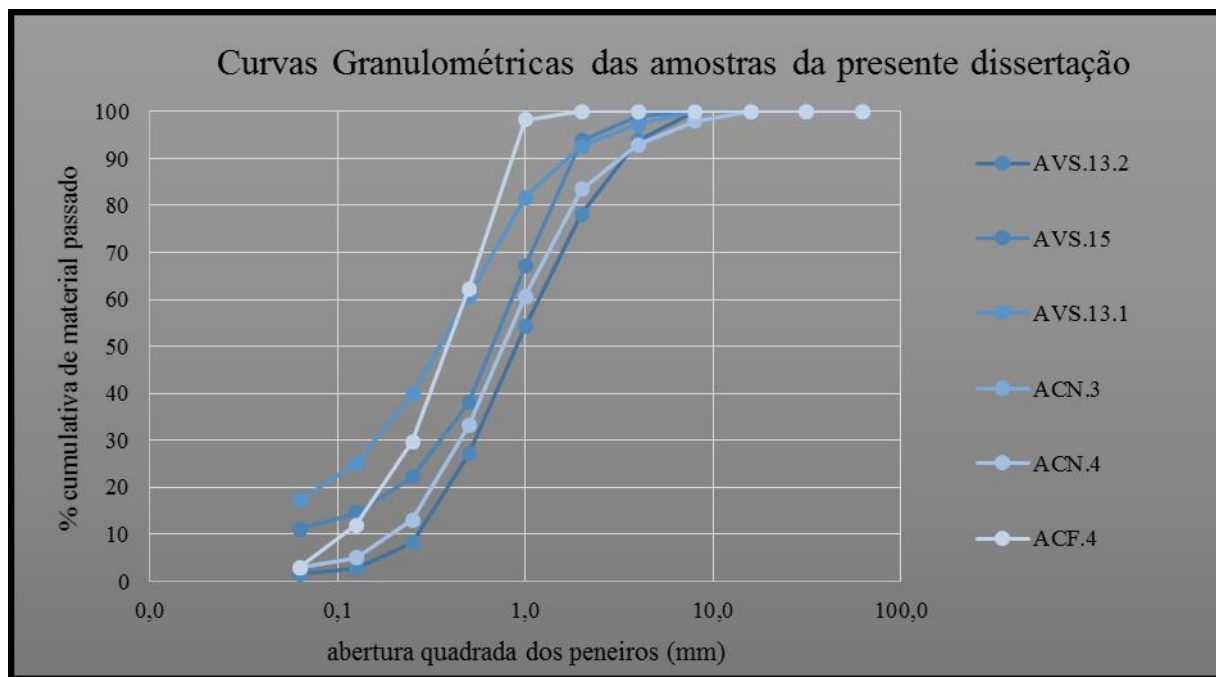


Figura 51. Curvas granulométricas das amostras da presente dissertação

Na figura 51 são apresentadas todas as curvas granulométricas dos agregados das amostras de argamassa recolhidas nos locais com revestimento embrechado do Buçaco. Através deste gráfico é possível verificar que a granulometria das amostras divergem bastante entre elas.

As curvas das amostras AVS.13.2 e ACN.4 apresentam um agregado muito semelhante. A amostra AVS.13.1 tem uma curva com um desenho próximo das referidas anteriormente, no entanto, as semelhanças não são tão evidentes como as que foram anteriormente comparadas (AVS.13.2 e ACN.4). A curva mais afastada da configuração das restantes, trata-se da ACF.4.

Outra das evidências: todas as amostras possuem alguma quantidade de material fino, sendo que, a que detém uma maior percentagem de finos é a amostra ACN.3. Em contrapartida, a amostra AVS.13.2, é a que tem a menor quantidade.

5.3. Discussão dos resultados

Após a análise de todas as amostras de argamassa e material embrechado pode-se concluir que existe uma grande variedade de composições químicas e mineralógicas e distintas características físicas.

Relativamente ao material embrechado, a variedade não reside só nas diferentes cores e texturas, é evidente também ao nível dos minerais e compostos químicos que as constituem. O material rochoso com maior aplicação neste tipo de revestimento, no Buçaco, trata-se do quartzo.

As amostras de rocha negra revelaram que existem duas composições completamente distintas. Na bibliografia consultada, existe uma grande incongruência relativamente a estas duas rochas. De facto, em alguns dos locais é referido que se trata de basalto, noutros é referido que se trata de escórias de uma fundição de ferro. A partir das análises realizadas é possível identificar dois tipos de material negro: o mais poroso (RCF.3), cujo estudo mineralógico e químico não foi conclusivo e o menos poroso (RCF.4) como sendo um dunito, devido à elevada presença de olivina.

O mineral mais comum entre as amostras RCF.1, RCF.5, RCN.1, RVS.8 e RVS.9.3 é o quartzo. Estas possuem elevadas percentagens de SiO_2 , o que revela que as rochas são quase um mineral puro de quartzo. Através da composição química, mineralógica e também pela análise visual da amostra RCF.2 pode-se concluir que se trata de um caco de material cerâmico.

As restantes amostras, recolhidas na Via-Sacra cuja identificação é: RVS.9.1, RVS.9.2, RVS.11.1, RVS.11.2 e RVS.19 provavelmente, tratar-se-ão de arenitos. A coloração destas amostras é cinza, com exceção da amostra RVS.19 que apresenta uma cor vermelha. O grau de coloração destas amostras é determinado pela percentagem de óxido de ferro de cada uma.

As análises a que as argamassas foram sujeitas a nível mineral e químico, permitiram concluir que o ligante usado se tratava da cal aérea.

Após os resultados da dissolução ácida das argamassas recolhidas, repara-se que os traços usados divergem bastante e são vários os motivos que podem ter levado a tais disparidades. Um deles é o facto de as argamassas terem sido colocadas em diferentes épocas, podendo até ter sido sujeitas a ações de reabilitação necessárias ao longo do tempo, e o controlo de execução das mesmas ser reduzido. Mas o mais provável é suceder a degradação das argamassas pela exposição aos agentes naturais.

Este ensaio também foi realizado durante a dissertação de “Caracterização de materiais construtivos dos edifícios do Buçaco”. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 22. (Ferreira, 2014)

Tabela 22. Determinação da fração solúvel por dissolução ácida ("Caracterização de materiais construtivos dos edifícios do Buçaco" por Filipe Ferreira e os resultados obtidos na presente dissertação. (Ferreira, 2014)

<i>Identificação das Amostras</i>		<i>Fração Solúvel (%)</i>	<i>Resíduo (%)</i>
Por Filipe Ferreira	Amostras recolhidas no Convento de Santa Cruz	C1-AA	20
		C3-AR	15
	Amostras recolhidas na Via-Sacra	Cap27-ARI	16
		Cap27-ARII	23
		Cap29-AR	14
Presente dissertação	Amostras recolhidas no Convento de Santa Cruz	ACN.3	10
		ACN.4	18
		ACF.4	6
	Amostras recolhidas na Via-Sacra	AVS.13.1	18
		AVS.13.2	35
		AS.15	11

Os resultados obtidos nas argamassas retiradas dos mesmos locais, nas duas dissertações, diferem entre os 2 e 12%, tal como se pode constatar pela tabela e 22.

6. FORMULAÇÃO DE SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DO REVESTIMENTO

6.1. Metodologia de análise e ensaio

A segunda fase de trabalho laboratorial tinha como um dos objetivos partir dos resultados de caracterização às amostras de argamassa originais, formular um conjunto de argamassas visando alcançar as características físico-químicas (composição e funcionais) constituindo possibilidades de integração em eventuais trabalhos de conservação e restauro dos revestimentos originais, alcançando compatibilidades funcionais e estéticas.

Mediante os resultados das amostras de material embrechado, escolheu-se três tipos de rocha para executar os trabalhos de revestimento embrechado. Para a escolha dos agregados da argamassa, realizaram-se análises granulométricas e determinaram-se densidades aparentes que tinham o objetivo de determinar as massas necessárias de cada um dos constituintes da argamassa, para os trabalhos seguintes (Figura 52).

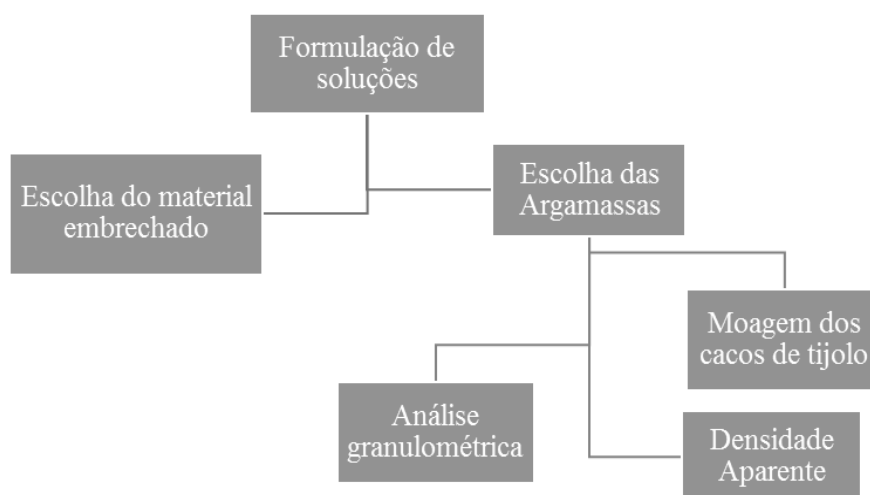


Figura 52. Cronograma da sequência dos ensaios realizados para a formulação de soluções

6.1.1. Análise granulométrica

Este ensaio foi realizado segundo a norma NP EN 933-1 (2000) ao resíduo de tijolo e às areias existentes no laboratório do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de

Aveiro. Permitiu determinar a percentagem cumulativa de material passado em cada um dos peneiros bem como a percentagem de finos do material. Os procedimentos de ensaio foram análogos aos realizados na análise das amostras.

6.1.2. Determinação da densidade aparente dos materiais

Este ensaio permite a determinação das densidades aparentes dos materiais a usar nas composições de argamassas e foi realizado segundo a norma NP EN 1097-3 (2002). Calculou-se o volume que a água iria ocupar num recipiente plástico (limpo e seco) e, posteriormente, encheu-se esse mesmo recipiente com o ligante/agregados e mediu-se a sua massa. Ao encher este recipiente teve-se o cuidado de colocar o material “em queda livre”, afastado do mesmo cerca de 2 cm (Figura 53) e nivelou-se a sua superfície (tendo o cuidado de não compactar) com a ajuda de uma espátula.



Figura 53. Ensaio para a determinação da densidade aparente – cal aérea

6.2. Resultados

6.2.1. Análise granulométrica

Esta análise tinha como objetivo a formulação de uma argamassa, usando um agregado com uma granulometria que se aproximasse, tanto quanto possível, à granulometria das amostras das argamassas analisadas.

Através dos resultados das análises granulométricas realizadas às amostras, conclui-se que, na sua grande maioria, as amostras apresentam uma elevada percentagem de material fino.

As granulometrias realizadas às duas areias existentes no Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro (figura 54) permitem aferir que nenhuma tinha material fino e que a “Areia Vale Ílhavo” tinha uma distribuição do agregado nada semelhante com os agregados das argamassas do Buçaco.

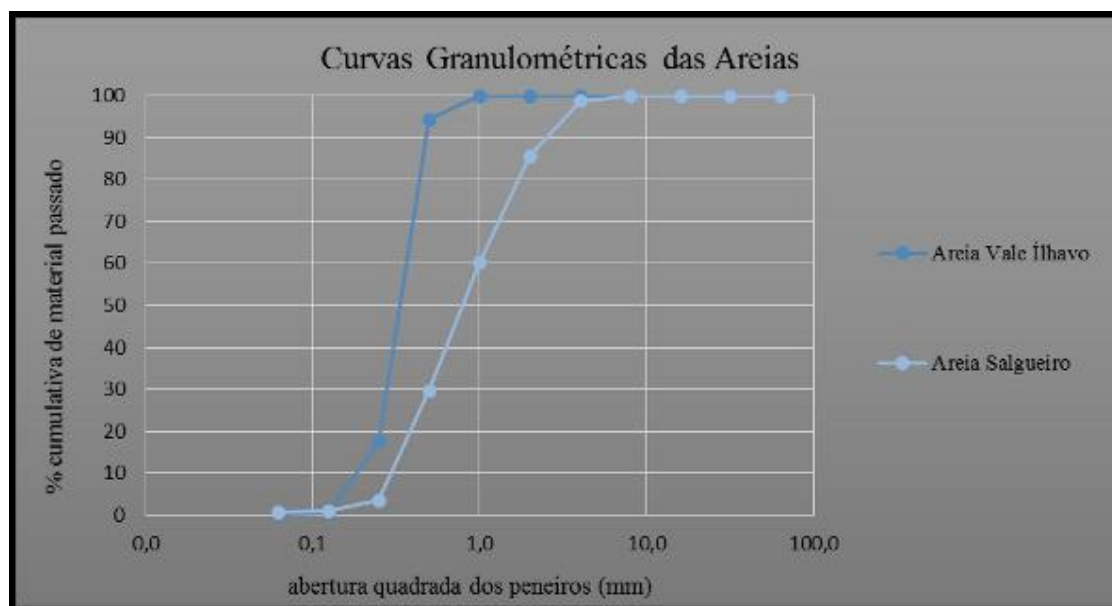


Figura 54. Curvas granulométricas das areias existentes no laboratório do departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Através da análise visual das amostras recolhidas no Buçaco, verificou-se que algumas destas possuem uma coloração rosada, tal como se pode reparar nas imagens da figura 55. Esta coloração é típica de argamassas onde houve recurso a resíduos cerâmicos.



Figura 55. Fotografia do lado esquerdo diz respeito à amostra ACN.3, a fotografia do meio é relativa à amostra ACN.4 e a amostra AVS.13.1 apresenta-se na fotografia do lado direito

Para se conseguir uma curva com alguma percentagem de finos e tendo em conta que as amostras do Buçaco possuem resíduos cerâmicos, procedeu-se, então, à moagem de cacos de tijolo, com o auxílio de um moinho de maxilas e um moinho de bola do laboratório de geociências da Universidade de Aveiro.

Após a moagem do tijolo, realizou-se a análise granulométrica do pó. A curva obtida é apresentada na figura 56. Pela análise da curva do gráfico em questão, constata-se que este material possui uma elevada percentagem de finos e o material retido se concentra no peneiro de 1mm, 0,5mm e 0,250mm.

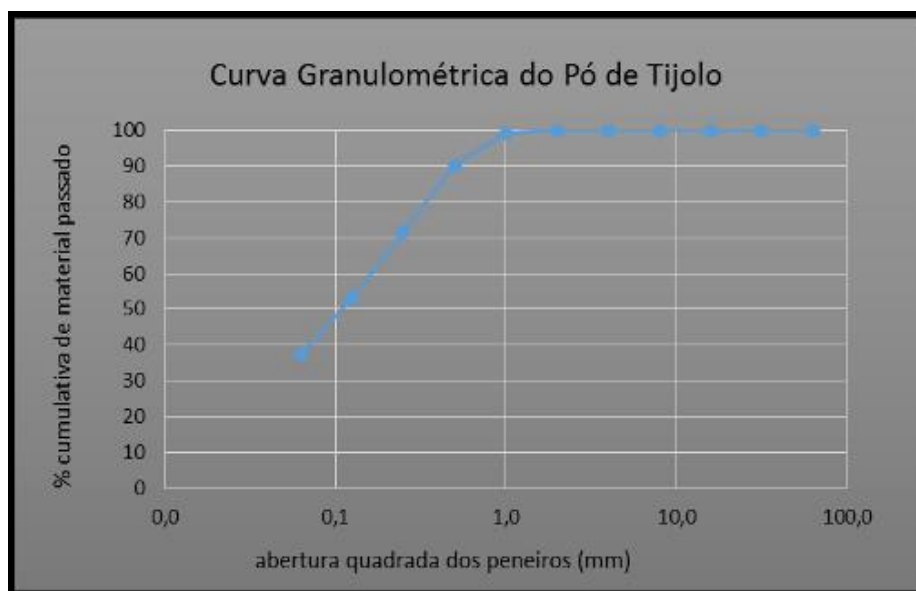


Figura 56. Curva granulométrica do pó de tijolo

Com estes resultados e através de alguns cálculos, determinou-se quais as quantidades de pó de tijolo que se deveria juntar à areia para que o agregado final tivesse uma curva granulométrica parecida com alguma das curvas das amostras ACN.3, ACN.4 ou AVS.13.1.

Concluiu-se, então, que substituindo o agregado (Areia Salgueiro) em 50% da sua massa por pó de tijolo, se obtinha uma curva granulométrica parecida com a da amostra AVS.13.1, tal como se pode observar pelo gráfico da figura 57.

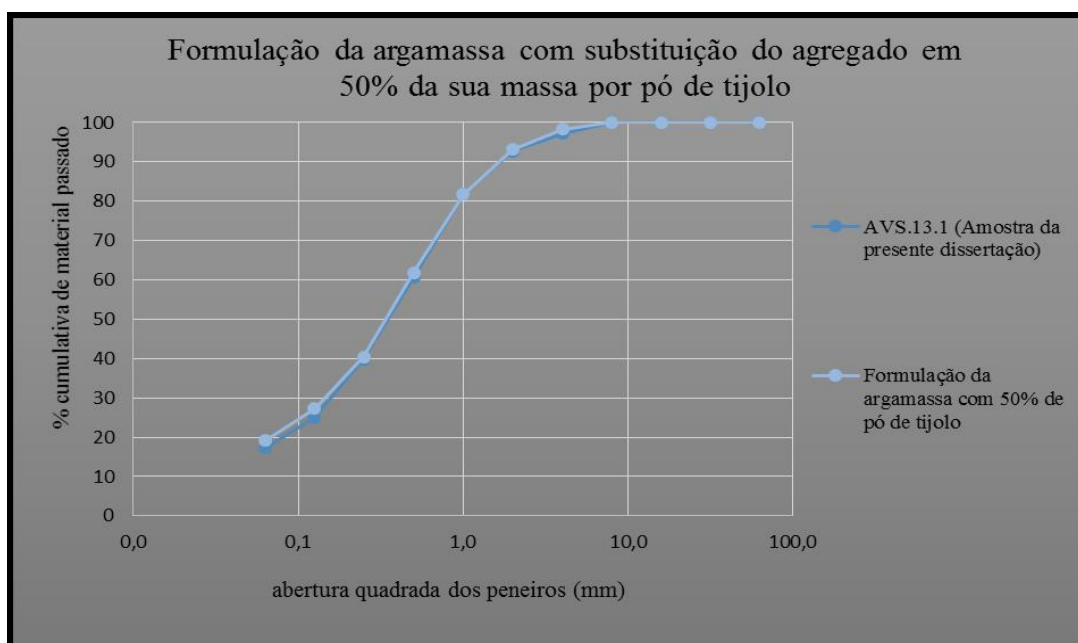


Figura 57. Curva granulométrica da formulação da argamassa com substituição do agregado em 50% da sua massa por pó de tijolo

Também foi possível verificar que fazendo a substituição do agregado por 10% de pó de tijolo, se obtinha uma curva granulométrica semelhante à amostra ACN.3, conforme demonstra a figura 58.

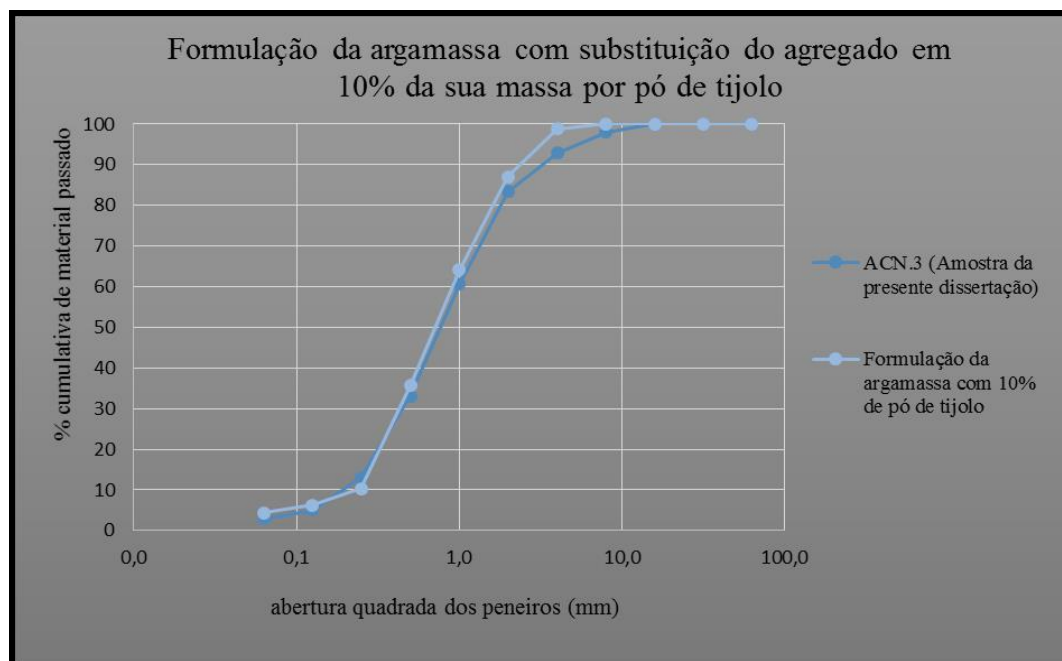


Figura 58. Curva granulométrica da formulação da argamassa com substituição do agregado em 10% da sua massa por pó de tijolo

Importa referir que a amostra AVS.13.2 apresenta uma curva granulométrica muito parecida com a curva da “Areia Salgueiro”, tal como se pode verificar pela curva da figura 59.

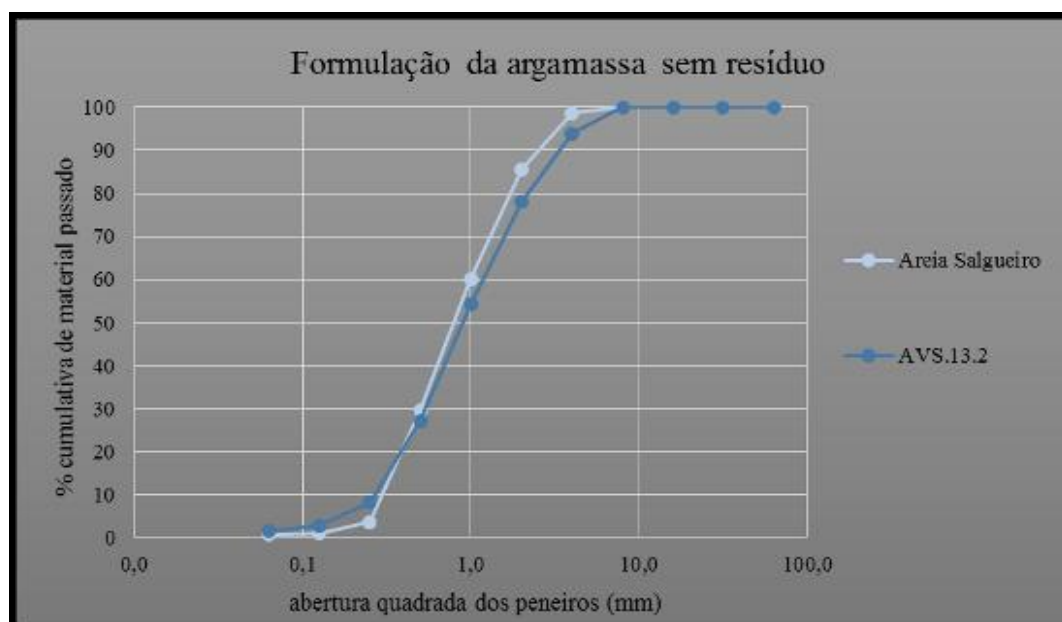


Figura 59. Curva granulométrica da formulação da argamassa sem resíduo cerâmico

6.2.2. Determinação da densidade aparente dos materiais

As densidades aparentes obtidas para os diferentes materiais apresentam-se na tabela 23. Tal como seria expectável, o material que apresenta uma densidade aparente mais elevada é a areia “Salgueiro” e a cal aérea (*Lusical* – H100) apresenta a menor densidade. Estes resultados permitem, através do traço em volume das argamassas, determinar os pesos correspondentes de cada material para a execução das argamassas.

Tabela 23. Densidade aparente dos materiais constituintes das argamassas

<i>Material</i>	<i>Densidade aparente (kg/m³)</i>
Cal aérea	435,53
Pó de telha	1087,02
Areia “Salgueiro”	1635,11

6.3. Discussão dos resultados

Com as formulações referidas, que vão ser executadas em laboratório, será possível reproduzir uma argamassa com um agregado com uma granulometria semelhante à do Convento e outras duas com um agregado que apresenta uma curva semelhante à do material usado na Via-Sacra.

O ligante a ser usado nas argamassas de reparação será a cal aérea e tendo em conta que os traços das argamassas recolhidas nos locais de embrechados variam bastante, optou-se por escolher o traço volumétrico 1:2

Este traço apresenta-se como sendo um dos traços mais usados em argamassas de cal área (Matias, 2014) e, também, foi um dos traços mais usados para a formulação das argamassas de assentamento de embrechados no Buçaco (Ferreira, 2014), tal como se pode verificar pela tabela 24.

Tabela 24. Traços em massa e correspondentes traços volumétricos dos exemplares de argamassa recolhidos em locais com embrechados, no Buçaco, ao longo da dissertação de Filipe Ferreira e a presente dissertação (Ferreira, 2014)

<i>Identificação das amostras</i>		<i>Traço em massa (Ligante:Agregado)</i>	<i>Traço em volume - aproximado (Ligante:Agregado)</i>
Amostras da Dissertação de Filipe Ferreira	C1-AA	1:4	1:1
	C3-AR	1:6	1:2
	Cap27-ARI	1:5	1:2
	Cap27-ARII	1:3	1:1
	Cap29-AR	1:5	1:2
Amostras da presente dissertação	ACN.3	1:9	1:3
	ACN.4	1:5	1:2
	ACF.4	1:16	1:5
	AVS.13.1	1:5	1:2
	AVS.13.2	1:2	1:1
	AVS.15	1:8	1:3

O material embrechado que se escolheu para a simulação do revestimento e para a execução dos provetes de teste, trata-se de cacos cerâmicos (tijolo), rochas de quartzo e rochas de basalto.

7. ENSAIO DE SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DO REVESTIMENTO

7.1. Metodologia de análise e ensaio

As argamassas realizadas em laboratório foram submetidas a ensaios para a determinação de módulos de elasticidade dinâmico, resistências à flexão, compressão, profundidade de carbonatação, absorção da água por capilaridade e absorção da água a baixa pressão (Figura 60). Estes ensaios realizaram-se aos 28 dias. Sujeitando os provetes a testes de envelhecimento e determinando as suas características mecânicas, é possível estabelecer padrões de degradação e tirar ilações sobre a durabilidade das argamassas.

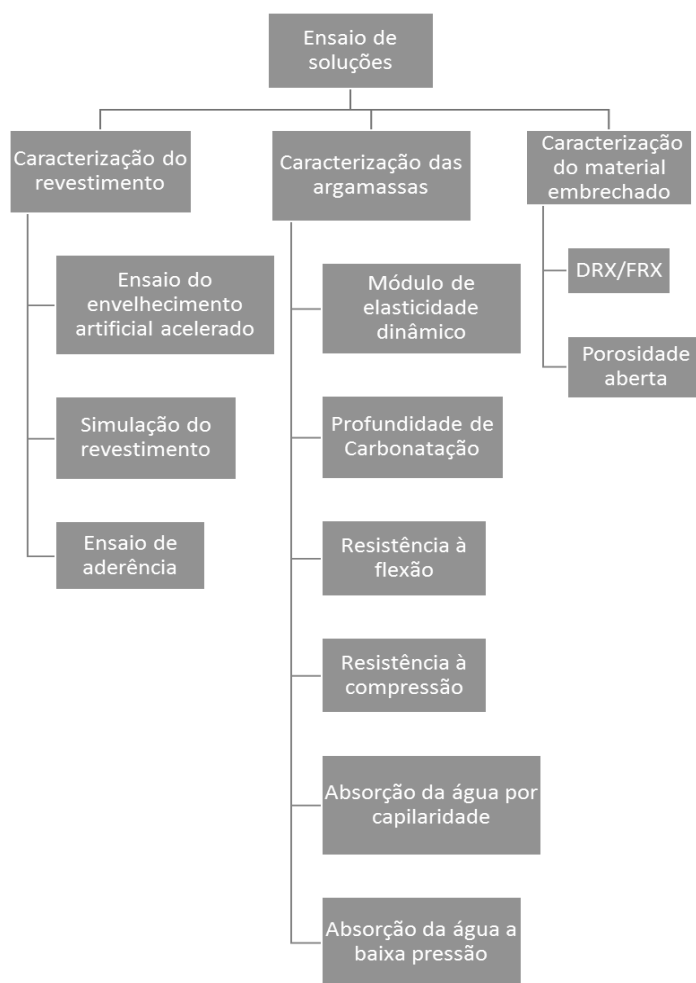


Figura 60. Cronograma da sequência do ensaio de soluções

Pretendendo avaliar a durabilidade do revestimento, realizou-se o ensaio do envelhecimento artificial acelerado. Executou-se uma simulação do revestimento em laboratório, tentando representar um desenho das ramagens da ordem carmelita presentes na fachada do Convento de Santa Cruz, o objetivo deste ensaio passava pelo estudo da técnica de execução deste tipo de revestimento.

Por forma a conseguir quantificar a resistência do conjunto do revestimento, argamassa e material embrechado e saber qual a interface mais frágil ao arrancamento, procedeu-se ao ensaio de aderência (Figura 60).

Ao nível do material embrechado selecionado para executar os trabalhos laboratoriais, realizaram-se ensaios de difractometria raios-X, de análise de fluorescência raios-X e determinaram-se as diferentes porosidades.

7.1.1. Caracterização das argamassas de reparação

7.1.1.1. Preparação das argamassas e sua caracterização no estado fresco

Para a execução das argamassas na simulação laboratorial do revestimento embrechado, recorreu-se à areia “Salgueiro”(Figura 61), à cal aérea da marca Lusical (H100) (Figura 61) e ao resíduo cerâmico (pó de tijolo) (Figura 61) proveniente da cerâmica de Quintãs. Na tabela 25, apresentam-se as três formulações elaboradas.



Figura 61. Ligante e agregados usados para a formulação das argamassas

Tabela 25. Formulações executadas e sua respectiva identificação

<i>Identificação da formulação</i>	<i>Composição das argamassas</i>
SR	Argamassa de cal aérea sem resíduo cerâmico.
CR10	Argamassa de cal aérea com substituição de 10% da massa total do agregado necessário por pó de tijolo.
CR50	Argamassa de cal aérea com substituição de 50% da massa total do agregado necessário por pó de tijolo.

A percentagem de água usada foi determinada por forma a garantir um espalhamento entre os 140 e 160mm (valores de referência para argamassas de cal aérea) assegurando assim a trabalhabilidade necessária para a sua aplicação. Na tabela 26, apresentam-se as quantidades de água usadas. Escolheu-se, então, tentar manter a trabalhabilidade igual entre as formulações e modificar as percentagens de incorporação de água de amassadura.

Tabela 26. Percentagens de água usadas na elaboração das argamassas

<i>Identificação da formulação</i>	<i>% de água usada em relação à massa total da mistura</i>
SR	18
CR10	19
CR50	24

Tal como seria expectável, a argamassa que necessitou de maior percentagem de água foi a que continha 50% de resíduo cerâmico na substituição do agregado, uma vez que esta tem na sua constituição mais finos e uma maior superfície específica.

O processo de amassadura das argamassas usadas começou pela pesagem dos materiais. Usou-se para o efeito balanças digitais com uma precisão de 0,001 kg e 0,01 kg, sendo que a mais precisa foi usada para a pesagem de menores quantidades de material e em contrapartida a menos precisa para as maiores quantidades.

Depois dos constituintes da argamassa se encontrarem devidamente pesados, incluindo a água de amassadura, molhou-se todo o material a usar para realizar a amassadura das argamassas. De seguida, uniformizou-se a mistura dos agregados com o ligante (Figura 62) e, por fim, adicionou-se a água necessária e homogeneizou-se a mistura, tal como comprova a figura 63.



Figura 62. Homogeneização dos agregados e ligante sem água



Figura 63. Homogeneização dos agregados, ligante e água - mistura final

Para conseguir avaliar a trabalhabilidade, realizou-se o ensaio da consistência por espalhamento. Este ensaio realizou-se, com base na norma EN1015-3 (CEN,1998), às argamassas no seu estado fresco (Figuras 64 e 65). Obteve-se os valores que se encontram na tabela 27.



Figura 64. Preparação do ensaio de espalhamento



Figura 65. Espalhamento obtido numa das argamassas com resíduo cerâmico

Tabela 27. Resultados obtidos no ensaio de espalhamento para a caracterização das argamassas no seu estado fresco

<i>Argamassa</i>	<i>Espalhamento (mm)</i>	<i>% de água usada em relação à massa total da mistura</i>
SR	150	18
CR10	155	19
CR50	158	24

7.1.1.2. Execução dos provetes e condições de cura

Para a caracterização das argamassas e do conjunto do revestimento, realizou-se vários tipos de provetes, tal como se pode verificar pela tabela 28. Importa referir que, após a execução dos provetes, todos foram colocados nas condições de cura definidas pela norma EN 1015-11 (CEN, 1999). Esta norma impõe uma humidade relativa de 65% ($\pm 5\%$) e a uma temperatura de 20°C ($\pm 2^\circ\text{C}$). Os provetes prismáticos desmoldaram-se após os sete dias de cura e, posteriormente, foram novamente colocados na câmara climática como as condições de temperatura e humidades já referidas.

Tabela 28. Tipos de provetes realizados em laboratório

<i>Caracterização das argamassas</i>		<i>Caracterização do revestimento</i>	
Provetes prismáticos	Adobe revestido	Tijolos revestidos	Adobe revestido
9 (por composição)	1 (por composição)	1 (por composição)	1 (por composição)

- Provetes Prismáticos para a caracterização das argamassas

Os provetes prismáticos, com dimensões de 40x40x160 mm, (figura 66 e 67) foram testados durante os ensaios para a determinação: do módulo de elasticidade dinâmico, da resistência à flexão, do índice de carbonatação, da resistência à compressão e da absorção da água por capilaridade. Estes provetes executaram-se em conformidade com a norma EN 1015-11 (CEN, 1999), com a particularidade de que a compactação foi mecânica e não com 60 pancadas como o previsto pela norma conseguindo deste modo não provocar a exsudação da água de amassadura e o consequente arrastamento de ligante e finos.



Figura 66. Provetes realizados para determinação das características mecânicas e físicas



Figura 67. Provetes realizados para determinação das características mecânicas e físicas

- Adobes revestidos para a caracterização das argamassas

Os três adobes revestidos (Figura 68) com as diferentes formulações de argamassa foram testados durante o ensaio de absorção a baixa pressão. Antes da aplicação das argamassas com 4 cm de espessura em cada um dos adobes, as suas superfícies foram limpas e molhadas.



Figura 68. Adobes revestidos para a caracterização das argamassas

- Tijolos revestidos para a caracterização do revestimento

Os tijolos com o revestimento testaram-se durante o ensaio do envelhecimento artificial acelerado. Assentaram-se as três diferentes formulações de argamassa, com uma espessura de 4 cm, tal como podemos observar na figura 69.

Com a argamassa ainda no estado fresco, colocou-se uma fileira de cada um dos materiais (rochas e caco de tijolo). Importa referir que o tijolo onde se colocou a argamassa foi previamente humedecido, assim como o material usado para revestir a argamassa.



Figura 69. Provetes realizados para o ensaio o ensaio do envelhecimento artificial acelerado (em cima à esquerda: preparação dos provetes; em cima à direita: provete com 10% de pó de tijolo; em baixo à esquerda: provete sem resíduo cerâmico; em baixo à direita: provete com 50% de pó de tijolo).

- Adobes revestidos para a caracterização do revestimento

Os três provetes executados sobre adobe (um por cada composição de argamassa), testados ao nível de aderência, realizaram-se começando pela molhagem da superfície do adobe e material a embrechar, posteriormente, colocou-se a argamassa com 4 cm de espessura no adobe e imbricou-se os três tipos de materiais (rochas e caco de tijolo), num formato circular, com um diâmetro de 5 cm, conforme se pode ver pela figura 70.



Figura 70. Provetes para o ensaio de aderência – lado esquerdo: em baixo com a argamassa sem resíduo e em cima com a argamassa com 10% de resíduo cerâmico; lado direito argamassa com 50% de resíduo

7.1.1.3. Determinação do módulo de elasticidade dinâmico (Ed)

O objetivo passa pela determinação do módulo de elasticidade dinâmico, usando para o efeito um aparelho de medida da velocidade de propagação de ultrassons (PUNDIT), e respeitando a norma EN 1015-3 (CEN, 1998).

Este valor representa a capacidade da argamassa se deformar quando sujeita a cargas e variações higrótérmicas. Quanto mais elevado for este valor, menor será a capacidade da argamassa em absorver as deformações. (Matias, 2014)

Importa referir que para as argamassas acompanharem a deformabilidade dos seus suportes, evitando fissuras e perdas de aderência, é importante que o módulo de elasticidade dinâmico da argamassa seja menor ou igual à do seu suporte. (Antunes, 2013)

Usou-se para o ensaio os provetes com dimensões de 40x40x160 mm. Limpam-se as superfícies de apoio lisas para melhorar o contacto entre a superfície e o transdutor. Os transdutores dispuseram-se nestas faces opostas e devidamente alinhados (Figura 71).



Figura 71. Aparelho usado para a determinação do módulo de elasticidade dinâmico das argamassas (PUNDIT), aos 28 dias

Através da equação seguinte (Equação (2)), calculou-se o módulo de elasticidade (E). A velocidade foi determinada tendo em conta o comprimento dos provetes usados e o tempo que os ultrassons demoraram a percorrê-los.

$$E = V^2 \times \rho \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)} \quad (2)$$

Onde:

E – Módulo de elasticidade

V – Velocidade de propagação (km/s)

ρ – Densidade do material (kg/m³)

ν – Coeficiente de Poisson

7.1.1.4. Determinação da resistência mecânica à flexão

Este ensaio foi realizado segundo a norma EN 1015-11 (CEN, 1999) aos provetes da argamassa. Os provetes usados tinham dimensões de 40x40x160 mm. Com a utilização de um equipamento (Figura 72) adequado para a determinação da resistência à flexão, colocou-se cada provete sobre os cilindros de apoio e com o seu eixo longitudinal perpendicular aos apoios, aplicou-se a carga concentrada a meio vão, com um aumento

uniforme (usualmente no intervalo compreendido por 10N/s e 50N/s), para que a rotura ocorresse no período de 30s a 90s. O resultado é obtido através da equação (3).

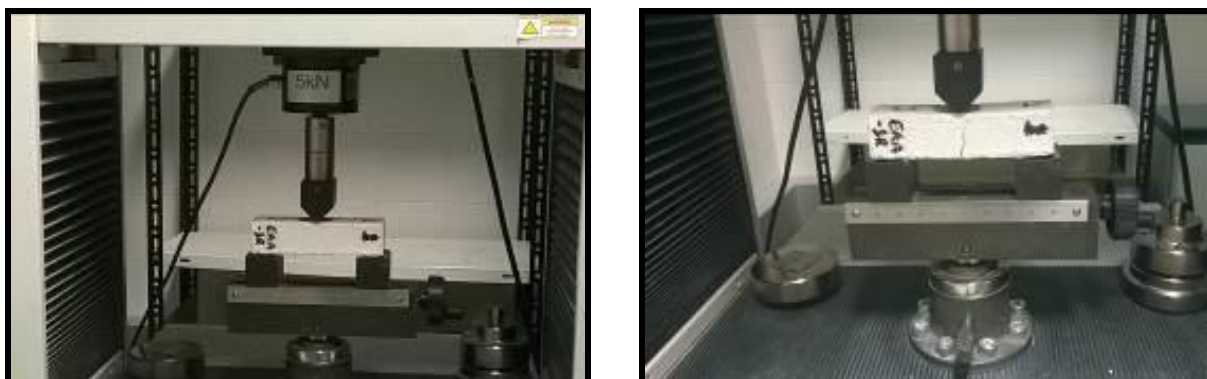


Figura 72. Ensaio para a determinação da resistência mecânica das argamassas à flexão aos 28 dias

$$f = 1,5 \frac{Fl}{bd^2} \quad (3)$$

Em que:

f – resistência à flexão, em Newtons por milímetro quadrado

b – largura do prisma, em milímetros

d - espessura do prisma, em milímetros

F – carga aplicada no centro do prisma na rotura, em Newtons

l – distância entre os apoios, em milímetros

7.1.1.5. Determinação da resistência mecânica à compressão

Este ensaio tem como finalidade a determinação da resistência à compressão. Realizou-se numa prensa eletromecânica, usando uma célula de carga de 5 kN (Figura 73), em conformidade com a norma EN 1015-11 (CEN, 1999).



Figura 73. Ensaio para a determinação da resistência mecânica das argamassas à compressão aos 28 dias

Esta resistência, em N/mm^2 foi calculada através da relação entre a força necessária para a rutura e a área do provete e é dada pela seguinte equação (4):

$$R_c = \frac{F_c}{A} \quad (4)$$

Em que:

F_c - Força aplicada (N)

A - Área da aplicação da força (mm^2)

7.1.1.6. Determinação da profundidade de carbonatação

Com o restante das metades de provetes usadas para avaliar a resistência à compressão, realizou-se este ensaio que tem por objetivo avaliar qual o grau de carbonatação das argamassas. A zona não carbonatada apresenta uma coloração rosa (Figura 74).

Este ensaio foi realizado aos 28 dias. Antes do ensaio, a superfície dos provetes foi limpa com ar comprimido e posteriormente aspergida com uma solução alcoólica de fenolftaleína composta por 50 ml de água, 50 ml de álcool a 96 %, 1 g de fenolftaleína e hidróxido de sódio diluído em água.

A área não carbonatada, com pH alcalino, provoca a mudança do indicador de transparente para rosa. Com este procedimento pode-se verificar a velocidade de reação de carbonatação da argamassa ao longo do tempo.



Figura 74. Ensaio para a determinação da profundidade de carbonatação das argamassas aos 28 dias

7.1.1.7. Determinação da absorção da água por capilaridade

Depois de se calcular as propriedades mecânicas das argamassas, com uma das metades provenientes do ensaio de flexão, procedeu-se à determinação da absorção da água por capilaridade segundo a norma EN 1015-18 (CEN, 2002). Os provetes possuíam dimensões de aproximadamente 40x40x80 mm.

Primeiro, determinou-se a massa inicial dos provetes e, depois, imergiu-se a face que sofreu a rutura num tabuleiro com água, com uma altura mínima de 5 a 10 mm acima da base dos provetes, tal como se pode observar na figura 75. Importa referir que com o decorrer do ensaio se foi garantindo estas alturas.

A massa de cada provete foi determinada ao longo de vários minutos. Estas pesagens foram realizadas até à estabilização da massa (variação inferior a 1%), garantindo no mínimo os 90 minutos de ensaio.



Figura 75. Ensaio para a determinação da absorção da água por capilaridade das argamassas aos 28 dias

Este ensaio permite determinar o coeficiente de capilaridade, através do declive da reta do gráfico de absorção capilar da amostra entre os 10 e 90 minutos de absorção. A equação 5, permite a determinação do coeficiente de capilaridade (C em $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{1/2})$).

$$C = 0,1 \times (M_1 - M_2) \quad (5)$$

Sendo que,

M_2 – massa do provete aos 90 minutos;

M_1 – massa do provete aos 10 minutos.

7.1.1.8. Ensaio de absorção de água a baixa pressão

Este ensaio pretende avaliar o volume de água absorvido, sob baixa pressão, das argamassas aos 28 dias e foi realizado tendo por base a ficha de ensaio FE PA 39.1 (LNEC, 2002).

Para a aplicação e selagem dos tubos de Karsten foi utilizado plasticina de forma a evitar a perda de água. Teve-se o cuidado de o selante (plasticina) não ter uma área superior à do interior do cachimbo para não diminuir a área de contacto da água com a argamassa. Importa referir que se teve o cuidado de aplicar os tubos em zonas planas.

Posteriormente encheu-se os tubos com água (Figura 76) até a graduação indicada de 0 cm^3 , garantindo que não se criassem bolhas de ar no seu interior e registou-se o tempo em segundos (s) que a argamassa demorava a absorver 1 cm^3 , 2 cm^3 , 3 cm^3 e 4 cm^3 .






Figura 76. Procedimentos de preparação do ensaio – Aplicação e selagem dos tubos de Karsten

7.1.2. Caracterização do material embrechado usado na execução de provetes

O material embrechado usado na execução dos provetes de ensaio e para a simulação do revestimento em laboratório foi identificado da forma apresentada na tabela 29. A estes materiais foram realizados ensaios de caracterização mineralógica, química e de determinação da porosidade.

Tabela 29. Identificação atribuída ao material embrechado

<i>Fotografia do material embrechado</i>	<i>Identificação atribuída ao material embrechado</i>
 Quartzo	Q
 Cerâmico	C
 Basalto	B

7.1.2.1. Difractometria de raios-X

A análise foi realizada aos materiais escolhidos para executar os trabalhos de embrechado e tinha como objetivo verificar se a composição mineralógica se aproximava das amostras de material embrechado recolhidas no Buçaco. O processo de preparação do material embrechado foi análogo ao realizado para o ensaio das amostras recolhidas e o equipamento usado foi o mesmo.

7.1.2.2. Análise de fluorescência raios-X

O ensaio de FRX permite complementar a informação retirada do ensaio DRX. Foi realizado aos materiais usados em laboratório como revestimento das argamassas. Tinha como finalidade verificar se a composição química se aproximava das amostras de pedras/cacos recolhidas no Convento e Via-Sacra do Buçaco. O processo de preparação das amostras que se pretendia ver analisadas foi idêntico ao realizado para o ensaio de fluorescência raios-X das amostras recolhidas para a presente dissertação e o equipamento de análise também foi o mesmo.

7.1.2.3. Determinação da porosidade do material embrechado

Este ensaio permite tirar algumas conclusões sobre as características estruturais dos materiais em estudo e possibilita a análise da capacidade de absorção dos mesmos. É importante referir que, dois materiais que apresentem a mesma porosidade podem ter capacidades de absorção díspares.

Este ensaio foi realizado às amostras de material usado para o revestimento das argamassas, segundo a norma NP EN 1097 (IQP, 2002). Deu-se início ao ensaio com a medição da massa de cada um dos materiais. Posteriormente as pedras de cada um dos materiais foram imersos em água até a sua massa ser constante, ou seja, até se encontrarem devidamente saturadas. Seguidamente, as pedras de cada um dos materiais em análise, foram limpas, com uma toalha húmida, com o intuito de lhes ser retirado o excesso de água à sua superfície. Por fim mediu-se a massa do material saturado. A porosidade representa a relação entre o volume de vazios e o volume aparente da amostra.

7.1.3. Ensaios para a caracterização do revestimento embrechado

7.1.3.1. Simulação laboratorial do revestimento

Pretendia-se com esta simulação compreender quais as dificuldades da execução deste revestimento e replicar a técnica de aplicação.

Tentou-se, então, reproduzir um dos desenhos da Ordem Carmelita presente na fachada do Convento de Santa Cruz do Buçaco (Figuras 77 e 78). Selecionado o desenho, executou-se um molde em cartão do mesmo, tal como se pode visualizar na figura 79.



Figura 77. Desenho que se pretendeu reproduzir em laboratório – Fachada do Convento de Santa Cruz



Figura 78. Desenho que se pretendeu reproduzir em laboratório – Fachada do Convento de Santa Cruz (em pormenor)



Figura 79. Molde de cartão usado para a execução das linhas mestras

Depois de realizada a amassadura da argamassa, molhou-se primeiro a parede onde esta iria ser aplicada. A parede foi construída em tijolo vazado e possuía um reboco de argamassa de cal aérea (Figura 80). Foi dividida em três partes, para se proceder à execução de três simulações do revestimento com as três diferentes composições de argamassas.



Figura 80. Constituição da parede de assentamento dos revestimentos embrechados

A argamassa foi aplicada por fases com uma espessura de 4 cm e de baixo para cima, de maneira a criar uma espécie de suporte, de modo a que as pedras de baixo suportassem o peso das pedras que iam ser colocadas em cima (Figura 81).

Houve necessidade de não aplicar a argamassa toda de uma vez na parede, visto que o processo de colocação das pedras/ material cerâmico era moroso e a argamassa começava a ganhar presa, presa esta que não era tão rápida quando esta não se encontrava aplicada na parede.



Figura 81. Colocação do material de revestimento na argamassa

Depois de aplicada a argamassa, com a ajuda do molde de cartão executaram-se as linhas mestras, que serviram de guias para se conseguir a representação do desenho pretendido (Figuras 82 e 83).



Figura 82. Passagem do desenho para o suporte com a marcação dos bordos dos motivos



Figura 83. Linhas mestras – guias para a aplicação do quartzo e basalto

As pedras e o material cerâmico (Figura 84) foram devidamente preparados antes da sua aplicação. O material foi partido em dimensões que variavam entre os 5 mm e 5 cm (Figuras 85 e 86), visto estas serem as dimensões mais usadas nos embrechados do Buçaco.



Figura 84. Material de revestimento embrechado



Figura 85. Rocha de Basalto



Figura 86. Macaco hidráulico usado para partir as pedras de basalto

O material a embrechar que foi, previamente, mergulhado em água para não provocar a dessecação prematura da argamassa, foi colocado de modo a que a parte mais angulosa ficasse bem “imbricada” na argamassa, para facilitar a sua fixação. Posteriormente, foram apertadas com o auxílio de uma régua de madeira e grampos, como se pode ver pela figura 87. Na figura 88 apresenta-se o resultado final das três simulações executadas.



Figura 87. Aperto do material embrechado com auxílio de uma régua de madeira e grampos



Figura 88. Resultado final da simulação laboratorial do revestimento

7.1.3.2. Ensaio de aderência (Pull-Off)

Por forma a conseguir avaliar a capacidade de resistência ao arrancamento do revestimento, realizou-se o ensaio de aderência, segundo a norma EN 1015-12 (CEN, 2000).

Outro dos cuidados que se teve foi delimitar as áreas de corte com uma espátula, para que ao realizar o ensaio, se evitasse que a vibração produzida pela carotadora, durante o processo de corte, não conduzisse à deterioração localizada das argamassas.

Contudo, devido à grande espessura das argamassas, o corte dos provetes não foi bem conseguido. Procedeu-se, então, à remoção da argamassa excedente, antes da realização do ensaio (Figura 89), com o auxílio de um martelo e um escopro.



Figura 89. Remoção da argamassa excedente em volta dos provetes de argamassa

De forma a conseguir que a força aplicada durante o ensaio fosse uniformemente distribuída por todo o material decorativo, colocou-se sobre os elementos do material que foi embrechado uma argamassa de cal hidráulica com um traço volumétrico de 1:1 (Figura 90). Esta argamassa passou um processo de cura de cinco dias.



Figura 90. Colocação da argamassa de cimento para consolidação do material embrechado

Por fim, colou-se a pastilha com uma resina Epoxi (Figura 91) e realizou-se o arrancamento dos provetes. O resultado que se pretende obter neste ensaio é a tensão de aderência que advém da relação entre a força aplicada e a área de aplicação desta força (Equação 6).

$$\sigma_a = \frac{F_c}{A} \quad (6)$$

Em que:

σ_a = Tensão de aderência [MPa]

F= Força de rutura [N]

A= Área [mm²]



Figura 91. Colocação da plastilha para a realização do ensaio de aderência

7.1.3.3. Ensaio do envelhecimento artificial acelerado

Este ensaio pretende avaliar qualitativamente o estado de degradação do revestimento, quando exposto às solicitações climáticas, especificamente em relação à temperatura e à humidade relativa. Tendo em conta os dados climatéricos do Buçaco que se apresentam em anexo (Weather Avenue, s.d.) determinaram-se as temperaturas/humidades máximas e mínimas ocorridas e definiram-se os ciclos de verão-inverno, tal como se pode ver pelo gráfico da figura 92. Cada ciclo de verão e inverno tem uma duração de 28 horas e as temperaturas e humidades correspondentes apresentam-se na tabela 30.

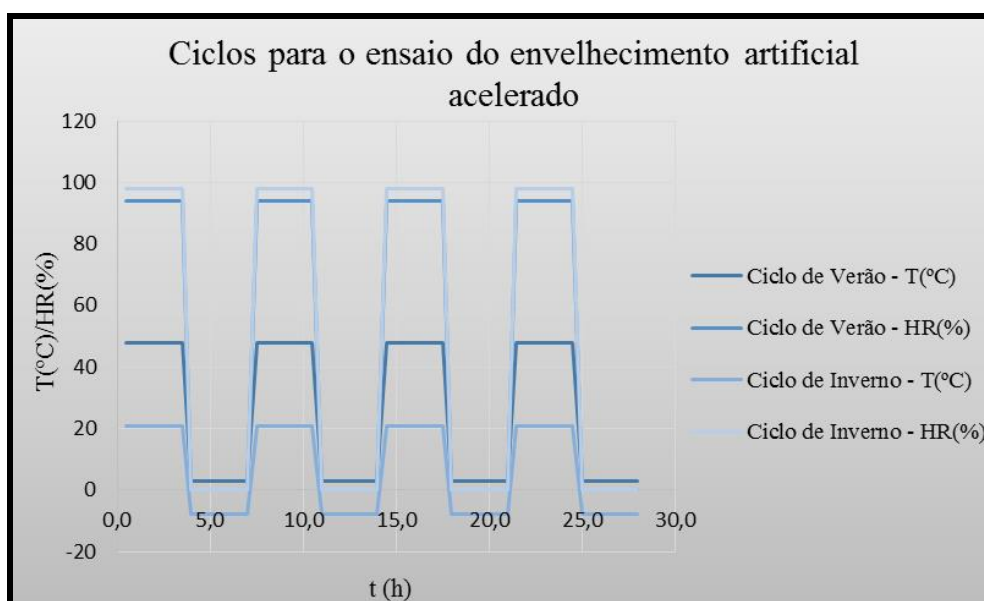


Figura 92. Gráfico dos ciclos de Verão-Inverno considerados para o Ensaio do Envelhecimento Artificial Acelerado

Tabela 30. Ciclos Verão- Inverno: temperaturas e humidades correspondentes

Ciclo	Temperatura (°C)		Humidade Relativa (%)	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
Verão	48	3	94	0
Inverno	21	-8	98	0

O ensaio realizou-se com o recurso à câmara higrotérmica ESPEC (ARL-680). Este modelo está limitado a atingir temperaturas entre os -45°C e 180°C e humidades relativas de 10 a 98%. Os provetes com o revestimento assente em tijolos furados foram submetidos a 30 ciclos, 15 ciclos com as condições de Verão e 15 com as condições de Inverno. Entre

ciclos foi imposto um passo intermédio para que a análise gravimétrica fosse realizada com os provetes sempre com as mesmas condições de temperatura e humidade relativa. As imposições definidas para este passo intermédio pressupunham uma temperatura de 20°C e uma humidade relativa de 10%.

7.2. Resultados

7.2.1. Caracterização das Argamassas de reparação

7.2.1.1. Determinação do módulo de elasticidade dinâmico (E_d)

Os resultados obtidos para o módulo de elasticidade dinâmico das argamassas formuladas em laboratório, aos 28 dias, encontram-se registados na figura 93 e na tabela 31.

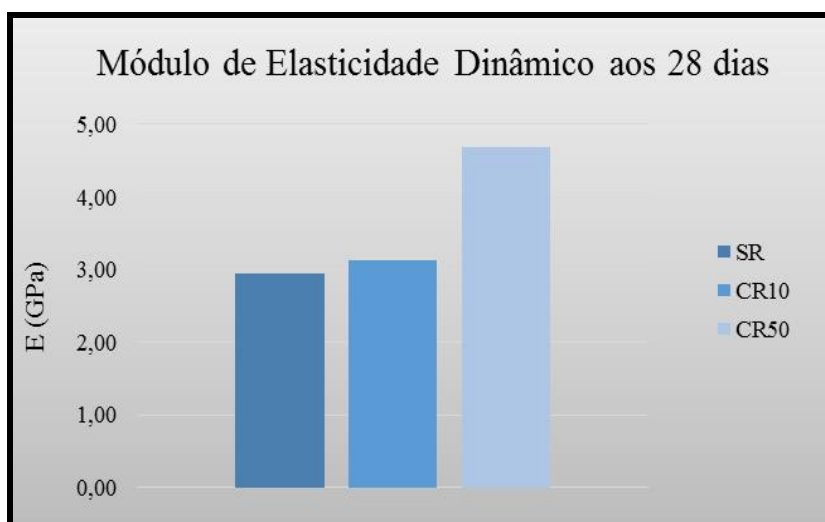


Figura 93. Gráfico que apresenta os módulos de elasticidade dinâmico, das argamassas, aos 28 dias

Tabela 31. Resultados do módulo de elasticidade dinâmico para cada uma das composições de argamassa

<i>Identificação da argamassa</i>	<i>E_d (GPa)</i>
SR	2,95
CR10	3,14
CR50	4,69

Através da análise do gráfico e da tabela 31 é possível avaliar que o módulo de elasticidade dinâmico é superior na argamassa CR50 e, contrariamente, apresenta menores valores para a argamassa SR. Consta-se que o módulo de elasticidade dinâmico vai aumentando com a introdução de resíduo de tijolo. Os provetes das argamassas, onde se incorporou 50% de resíduo na substituição do peso total do agregado, apresentam maior módulo de elasticidade dinâmico. A argamassa SR tem um módulo de elasticidade cerca de duas vezes inferior à argamassa CR50.

7.2.1.2. Determinação da resistência mecânica à flexão

Na figura 94 e tabela 32 são apresentados os resultados de resistência à flexão das argamassas obtidas aos 28 dias.

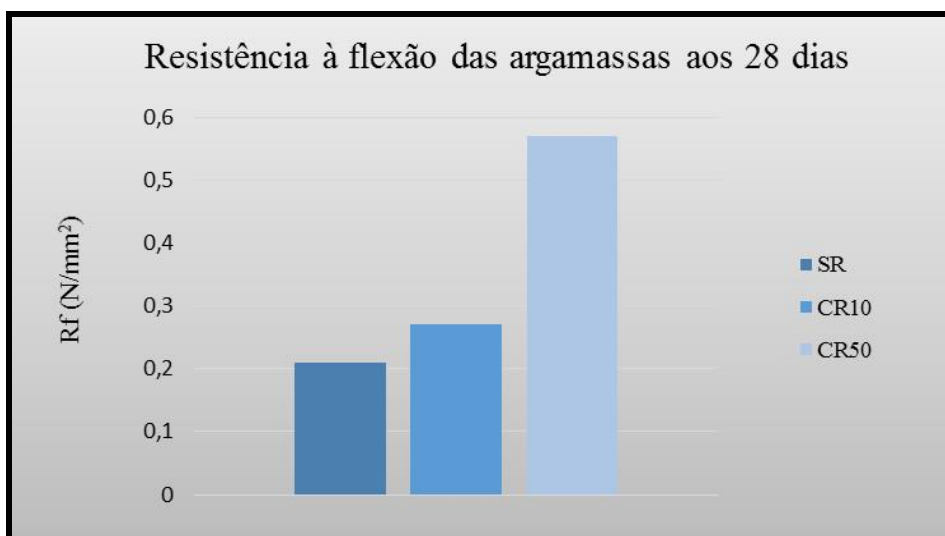


Figura 94. Resistência à flexão das argamassas (28 dias) realizadas em laboratório

Pela análise do gráfico da figura 94, pode-se concluir que a argamassa que apresenta uma maior resistência à flexão trata-se da CR50 e, em contrapartida, a argamassa com menor resistência é a SR. Este gráfico traduz uma melhoria da resistência à flexão das argamassas com a introdução de resíduo cerâmico às mesmas, sendo que a maior resistência é obtida na argamassa com maior percentagem de pó de tijolo.

Tabela 32. Valores da resistência mecânica à flexão (28 dias), das argamassas realizadas em laboratório

<i>Identificação da argamassa</i>	<i>R_f (N/mm²)</i>
SR	0,21
CR10	0,27
CR50	0,57

A argamassa com CR50 apresenta uma resistência em média superior em cerca de 2,7 vezes, comparativamente com as argamassas SR, tal como se pode verificar pela tabela 30. A argamassa CR50 tem 50% de resíduo cerâmico em substituição do agregado usado na argamassa SR (argamassa sem resíduo). Este resíduo aumenta significativamente a resistência mecânica à flexão das argamassas.

7.2.1.3. Determinação da resistência mecânica à compressão

Na figura 95 e tabela 33 são visíveis os resultados obtidos para as diferentes composições de argamassa relativamente às suas resistências à compressão.

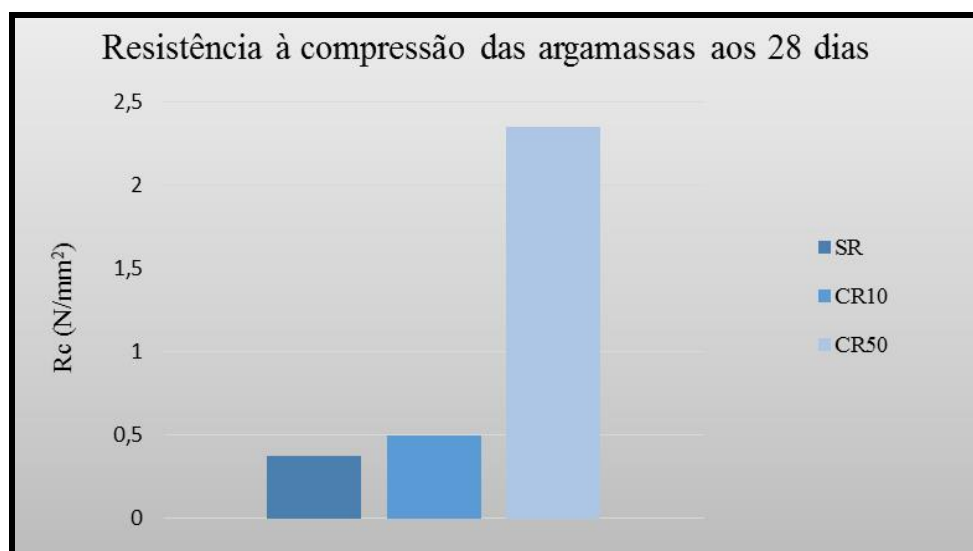


Figura 95. Resistência à compressão, aos 28 dias, das argamassas formuladas

Tabela 33. Valores da resistência mecânica à compressão (28 dias) para as argamassas formuladas em laboratório

<i>Identificação da argamassa</i>	<i>Rc (N/mm²)</i>
SR	0,37
CR10	0,50
CR50	2,35

A argamassa que possui uma maior resistência à compressão é a CR50, em oposição à SR que apresenta a menor resistência, tal como se pode avaliar através da figura 95 e tabela 33. Mais uma vez se encontra comprovado que o uso de resíduos cerâmicos aumentam as características resistentes das argamassas.

7.2.1.4. Determinação do índice de carbonatação

Na figura 96 e a tabela 34 apresentam a profundidade de carbonatação obtida aos 28 dias.

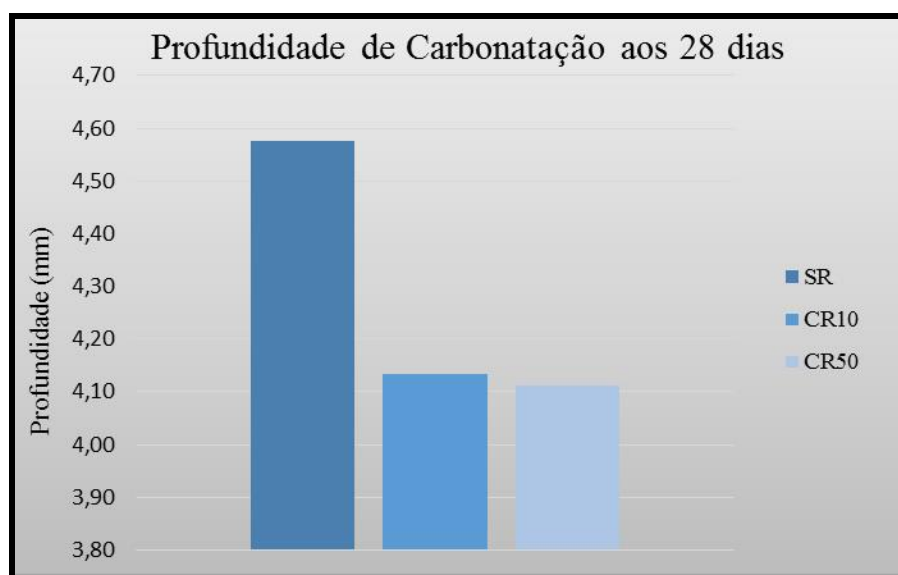


Figura 96. Profundidade de carbonatação das argamassas, aos 28 dias

Tabela 34. Valores da profundidade de carbonatação aos 28 dias das argamassas

<i>Identificação da argamassa</i>	<i>Profundidade de Carbonatação aos 28 dias (mm)</i>
SR	4,58
CR10	4,13

<i>Identificação da argamassa</i>	<i>Profundidade de Carbonatação aos 28 dias (mm)</i>
CR50	4,11

Através da figura 96, observa-se que as argamassas realizadas ainda carbonataram muito pouco. Este ensaio foi realizado aos 28 dias, pelo que seria expectável que a profundidade de carbonatação fosse reduzida. Esta profundidade tende a aumentar com o decorrer do tempo.

Através da tabela 34 verifica-se que a máxima profundidade de carbonatação das argamassas foi 4,58 mm. Na tabela 32, também se constata que a argamassa que mais carbonatou foi a SR, argamassa sem resíduo. A profundidade de carbonatação diminui com a introdução de resíduo, sendo que o menor valor obtido foi na argamassa com maior percentagem de resíduo cerâmico.

7.2.1.5. Determinação da absorção da água por capilaridade

Na figura 97 e a tabela 35 revelam os resultados da absorção por capilaridade da água, nas argamassas, após estas possuírem um período de cura de 28 dias. Este ensaio foi realizado para determinar o comportamento das argamassas formuladas em laboratório, na presença da água.

Tabela 35. Coeficientes de absorção, das argamassas, aos 28 dias

<i>Identificação da argamassa</i>	<i>Coeficiente de Capilaridade C ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0.5})$)</i>
SR	1,32
CR10	1,90
CR50	2,45

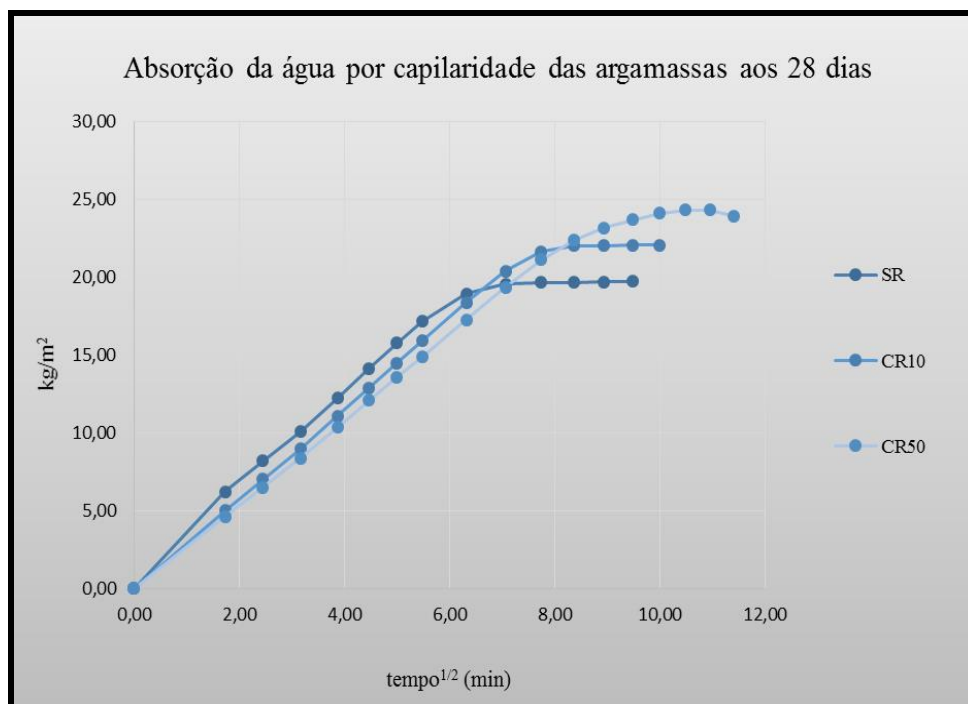


Figura 97. Gráfico das curvas de absorção da água por capilaridade, das argamassas, aos 28 dias

Através do gráfico, observa-se que as argamassas com resíduo cerâmico apresentam maiores quantidades de água absorvida, da mesma forma que a argamassa, com maior percentagem de resíduo foi a que demorou mais tempo até atingir o seu ponto de saturação (CR50). As argamassas de cal aérea que não possuíam resíduos cerâmicos (SR) na sua composição saturaram mais rapidamente.

Na tabela 35, é possível examinar que o coeficiente de capilaridade das argamassas aumenta com o facto de estas possuírem resíduos de material cerâmico.

A argamassa com maior coeficiente de capilaridade é a CR50 e, em contrapartida, a que apresenta o menor valor é a argamassa SR. Com a introdução de pó de tijolo nas argamassas, existe uma maior percentagem de finos na amostra, que irá fazer com que os coeficientes de capilaridade sejam mais elevados.

7.2.1.6. Ensaio de absorção da água a baixa pressão

Este ensaio obteve os resultados que constam na figura 98 e tabela 36, para as três diferentes composições de argamassa.

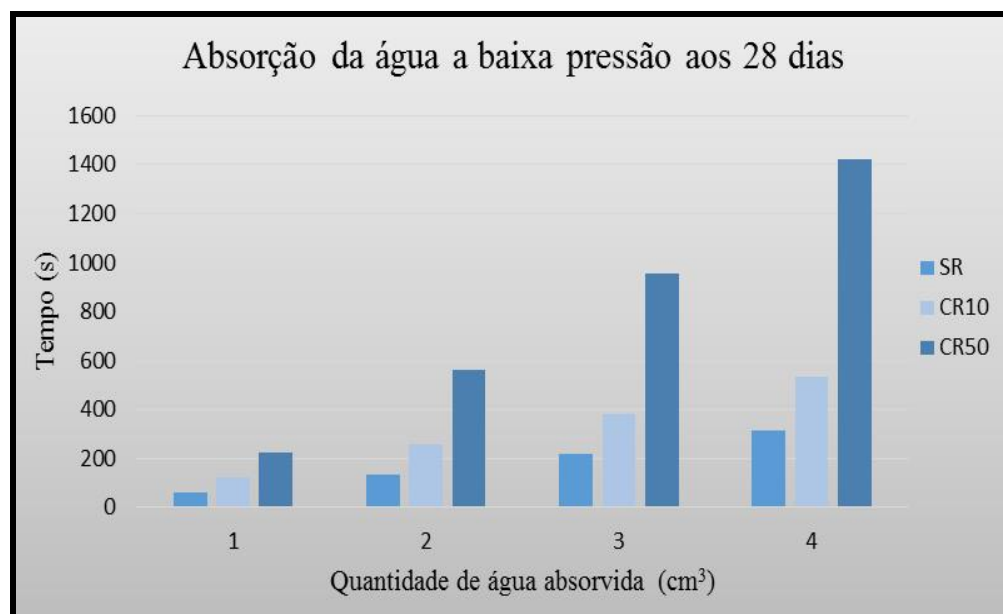


Figura 98. Gráfico dos resultados obtidos para o ensaio de absorção da água a baixa pressão, aos 28 dias

Pela observação da figura 98, apura-se que a argamassa sem resíduo (SR), foi a que absorveu os 4 cm³ de água no menor espaço de tempo. A absorção da água é dificultada pela introdução de resíduo cerâmico, tal como se pode ver pelas colunas correspondentes às argamassas CR10 e CR50. A argamassa que necessitou de mais tempo para absorver a quantidade de água pretendida foi a CR50.

Tabela 36. Tempo necessário que cada uma das argamassas necessitou para absorver 4 cm³ de água

<i>Identificação da argamassa</i>	<i>Tempo (s) para absorver 4 cm³ de água</i>
SR	315
CR10	533
CR50	1420

Pela tabela 36 é possível verificar que a argamassa CR50 necessitou de uma quantidade de tempo superior em 4,5 vezes, relativamente à argamassa CR10 para absorver a quantidade

de água desejada. A argamassa CR10 absorveu os 4 cm³ de água em cerca de 1,7 mais tempo do que a argamassa SR. Assim sendo, a argamassa que apresentou o melhor comportamento, em relação à absorção da água a baixa pressão, foi a argamassa que possui 50% de pó de tijolo na substituição do peso total do agregado (CR50).

7.2.2. Caracterização do material embrechado usado na execução de provetes

7.2.2.1. Difractometria raios-X

Na tabela 37, apresentam-se os resultados obtidos para o ensaio de difractometria raios-X realizado aos materiais escolhidos para a execução dos trabalhos laboratoriais de embrechados.

Tabela 37. Resultados DRX das amostras do material usado como revestimento da argamassa

<i>Minerais Presentes</i>	<i>Identificação do material embrechado</i>		
	B.	Q.	C.
Quartzo	Vstg.	++++	++++
Piroxenas	++++	-	-
Plagioclase	++	-	-
Feldspatos	Vstg.	-	Vstg.
Filossilicatos	-	-	Vstg.

++++ para abundante a + presente; Vstg- Vestigial

7.2.2.2. Análise de fluorescência raios-X

Os resultados obtidos para a caracterização do material embrechado usado no laboratório são apresentados na tabela 38. Esta análise permite determinar a composição química das amostras em estudo.

Tabela 38. Resultados FRX das amostras do material usado como revestimento da argamassa

<i>Composição Química</i>	<i>Identificação do material embrechado</i>		
	B	Q	C
Na ₂ O	2,722	0,047	0,248
MgO	8,248	0,150	1,792
Al ₂ O ₃	16,340	1,341	22,281
SiO ₂	45,925	97,434	63,493
P ₂ O ₅	0,403	0,015	0,072
SO ₃	0,108	0,026	0,131
Cl	0,108	Nd	Nd
K ₂ O	1,452	0,403	4,377
CaO	9,104	0,098	0,418
TiO ₂	1,714	0,008	0,866
MnO	0,184	Qm	0,045
Fe ₂ O ₃	12,780	0,132	5,529
LOI	0,670	0,320	0,390

Nd-não definido; Qm-quantidades menores

A tabela anterior permite aferir que o composto mais abundante nas amostras é o óxido de silício. Apresenta maiores quantidades na amostra Q, pois trata-se de uma amostra de quartzo. O material C possui cerca de 20% de óxido de alumínio e uma percentagem de óxido de ferro na ordem dos 5%, sendo este o principal responsável pela coloração laranja.

A amostra identificada como B apresenta a maior percentagem de óxido de ferro relativamente a todos os materiais analisados. Para além da elevada percentagem de SiO₂ apresenta uma percentagem relevante de óxido de alumínio, cerca de 16%.

7.2.2.3. Determinação da porosidade do material embrechado

Pela tabela 39, pode-se verificar que o material que apresenta a menor percentagem de poros é o quartzo. O basalto apresenta uma percentagem de poros duas vezes superior ao quartzo. O material cerâmico é o mais poroso. Este material tem em relação ao quartzo um acréscimo de poros de cerca de vinte e seis vezes.

Tabela 39. Porosidade dos materiais usados em laboratório como revestimento embrechado

<i>Identificação do material</i>	<i>Porosidade (%)</i>
Quartzo	0,63
Basalto	1,07
Cerâmico	16,26

7.2.3. Ensaios para a caracterização do revestimento embrechado

7.2.3.1. Simulação laboratorial do revestimento embrechado

A simulação executada tinha como principal objetivo avaliar as dificuldades provenientes da execução do revestimento embrechado.

As dificuldades sentidas têm a ver com o facto de a execução deste revestimento ser muito morosa. A primeira simulação realizada (SR) demorou cerca de 5,5 horas a estar concluída e as restantes (CR10 e CR50) executaram-se em cerca de 4,5 horas.

A construção deste tipo de revestimento requer alguns cuidados ao nível das argamassas. Estas devem ser executadas faseadamente ao longo de um dia de trabalho, pois com o passar do tempo, as argamassas começam a ganhar presa e impossibilitam uma correta fixação do material que irá revestir a argamassa.

É importante que a espessura da argamassa seja escolhida em função da dimensão máxima do material a embrechar. Não se deve ter apenas em consideração o relevo pretendido, mas também o material de revestimento que deve estar, tanto quanto possível, introduzido na argamassa para facilitar a aderência entre os elementos do revestimento.

7.2.3.2. Ensaio de aderência

Durante a preparação dos provetes, alguns deles não ofereceram qualquer tipo de resistência e sofreram rutura na interface suporte/ argamassa, o que não permitiu determinar várias tensões de aderência. Na tabela 40, apresentam-se os resultados do ensaio executado aos 28 dias.

Tabela 40. Resultados obtidos durante o ensaio de aderência para o conjunto do revestimento

<i>Identificação dos provetes</i>	<i>Tensão de aderência - σ_a (MPa)</i>	<i>Interface de rotura</i>
SR	Basalto	s/ resultado
	Quartzo	s/ resultado
	Cerâmico	s/ resultado
CR10	Basalto	0,050
	Quartzo	s/ resultado
	Cerâmico	s/ resultado
CR50	Basalto	0,149
	Quartzo	0,261
	Cerâmico	0,031

A maior tensão de aderência obtida foi com o embrechado realizado com quartzo, na argamassa com 50 % de resíduo cerâmico, sendo que a rotura ocorreu na interface argamassa embrechado, tal como se pode verificar pela figura 99 e tabela 40.



Figura 99. Ensaio de aderência – Rotura na interface argamassa/ embrechado

Os restantes provetes sofreram uma rotura na interface suporte/ argamassa, tal como se vê na figura 100. A maior tensão de aderência para este tipo de rotura é de 0,149 MPa (Tabela 40), no provete com embrechado de basalto, na argamassa com 50 % de resíduo cerâmico.



Figura 100. Ensaio de aderência – Rotura na interface suporte/ argamassa

Importa referir que estes resultados são meramente indicativos, as conclusões só devem ser retiradas após a repetição do ensaio. O processo de preparação dos provetes não foi adequado, não só por não ter permitido retirar valores de alguns provetes, como também poderá ter interferido nos resultados da tensão de aderência obtida para os restantes.

7.2.3.3. Ensaio do envelhecimento artificial acelerado

No gráfico da figura 101, expõe-se a análise gravimétrica realizada aos provetes durante os 30 ciclos do ensaio. Na figura 102, é apresentado um gráfico com a variação da massa dos provetes ao longo de cada um dos ciclos, relativamente à sua massa inicial (ciclo 0).

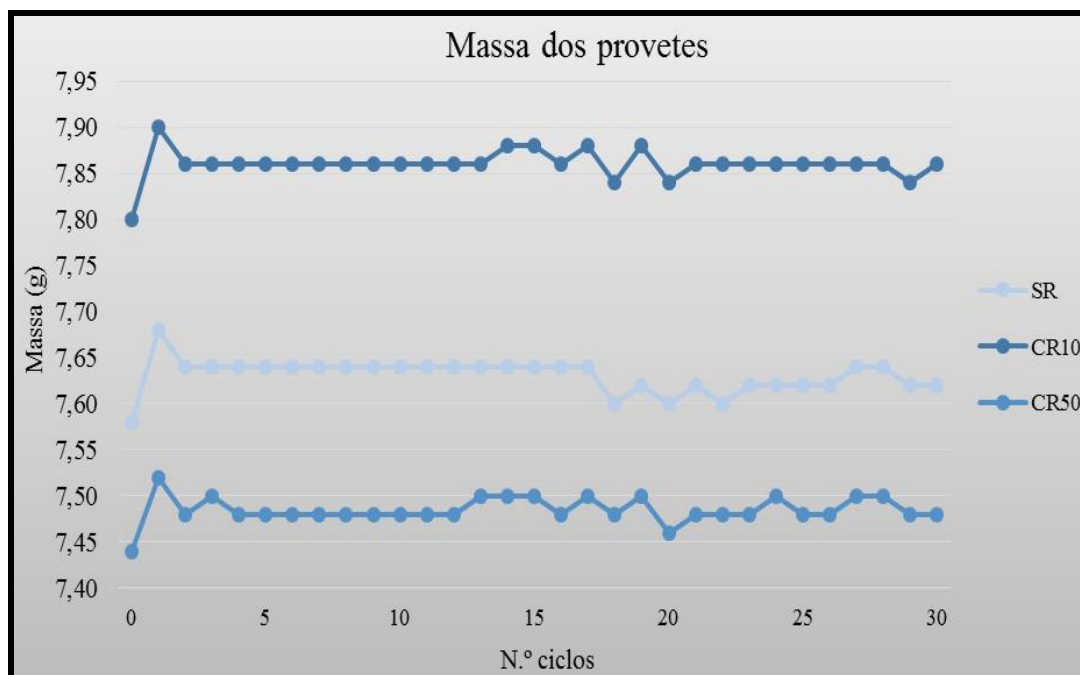


Figura 101. Análise gravimétrica – Massa dos provetes sujeitos ao ensaio



Figura 102. Análise gravimétrica – Variação de massa dos provetes sujeitos ao ensaio

As figuras 101 e 102 revelam que a maior variação de massa se observa nos primeiros dois ciclos, em todos os provetes. Esta instabilidade inicial poder-se-á dever ao facto de estes provetes não terem sido expostos ao passo intermédio, entre os diferentes ciclos. Após este ciclo intermédio ter sido efetuado, o valor de variação mais elevado foi de 0,08 g para o

revestimento executado com a argamassa CR10. É possível apurar que o revestimento onde se usou 10% de resíduo cerâmico (CR10) apresenta tendencialmente maiores variações de massa. Estas variações são reduzidas e podem advir de erros associados à medição da massa dos provetes pela balança.

Nas figuras 103 e 104 é possível visualizar, respetivamente, os provetes antes e após a realização dos ciclos de “Inverno-Verão”.






Figura 103. Imagem inicial dos provetes antes da exposição aos 30 ciclos “Inverno-Verão”: à esquerda o provete SR; ao meio o provete CR10; à direita o provete CR50



Figura 104. Imagem final dos provetes depois da exposição aos 30 ciclos “Inverno-Verão”: à esquerda o provete SR; ao meio o provete CR10; à direita o provete CR50

Na tabela 41 apresentam-se as anomalias observadas ao nível do material embrechado e argamassas. A patologia observada diz respeito a colonizações biológicas no material embrechado, problemas de fissuração e empolamento seguido de destacamento nas argamassas.

Tabela 41. Patologia observada nos provetes sujeitos aos ciclos “Inverno-Verão”

Identificação da patologia	<i>Patologia observada no material embrechado</i>			<i>Patologia observada na argamassa</i>					
	<u>Colonização biológica</u>			<u>Fissuração</u>			<u>Empolamento</u>		
									
Identificação da patologia	SR	CR10	CR50	SR	CR10	CR50	SR	CR10	CR50
	x	x	x	-	x	x	-	-	x

Nota - x: visível; -: não visível

Através da tabela acima, verifica-se que a colonização biológica se encontrou em todos os provetes com as três diferentes composições de argamassa. Esta colonização aparece apenas nas rochas de basalto, não sendo visível no restante material embrechado. Os problemas de fissuração visualizam-se nas argamassas que têm resíduos cerâmicos, com maior abundância e relevância na argamassa CR50. Na argamassa CR50 para além de fenómenos de fissuração, também se verificou alguns problemas de empolamento que acabaram por provocar destacamentos pontuais.

7.3. Discussão dos resultados

Os diferentes ensaios realizados às argamassas formuladas em laboratório permitiram retirar ilações sobre possíveis aplicações na reabilitação dos revestimentos embrechados do Buçaco.

Segundo Veiga (2003), as argamassas realizadas para a conservação e reabilitação revestimentos de edifícios antigos devem respeitar algumas características mecânicas e de comportamento à água que se apresentam na tabela 42. A tabela seguinte expõe apenas os requisitos estabelecidos para rebocos exteriores. (Veiga M. d., 2003)

Tabela 42. Requisitos estabelecidos para as características mecânicas e de comportamento à água das argamassas, aos 90 dias. (Veiga R. P., 2014)

	$R_t (MPa)$	$R_c (MPa)$	$E (GPa)$	$C (kg/(m^2 \cdot min^{0.5}))$
Valor Mínimo	0,2	0,4	2	>1,0
Valor Máximo	0,7	2,5	5	<1,5

Tabela 43. Valores obtidos para as características mecânicas e de comportamento à água das argamassas formuladas, aos 28 dias

<i>Composição</i>	$R_t (MPa)$	$R_c (MPa)$	$E (GPa)$	$C (kg/(m^2 \cdot min^{0.5}))$
SR	0,21	0,37	2,95	1,32
CR10	0,27	0,50	3,14	1,90
CR50	0,57	2,35	4,69	2,45

Na tabela 43, constam os valores obtidos de alguns ensaios realizados às argamassas em laboratório. As tabelas 42 e 43 apresentam valores com diferentes tempos de cura, deve-se ter em conta que as características mecânicas das argamassas aumentam ao longo do tempo e, no que diz respeito ao comportamento à água, os coeficientes de capilaridade diminuem com períodos de cura superiores.

Relativamente à resistência à tração e compressão das argamassas das diferentes formulações, os requisitos são cumpridos. O módulo de elasticidade obtido para cada uma das formulações está concordante com os valores de referência da tabela 42, no entanto, não se tratando do mesmo período de cura é provável que a formulação de argamassa CR50 venha a ter um módulo de elasticidade superior ao limite máximo recomendável. Relativamente ao comportamento das argamassas face à água a argamassa CR50, certamente terá um valor elevado comparativamente com os requisitos estabelecidos pela tabela 42. Os valores de resistência à compressão e flexão obtidos na argamassa CR50 são muito elevados, tendo em conta que foram realizados aos 28 dias, isto poder-se-á dever ao facto de terem existido reações pozolânicas.

Não foi determinado o índice de secagem das argamassas, no entanto é conhecido que a secagem em argamassas de cal aérea com resíduo cerâmico é superior quando comparada com uma argamassa onde não houve recurso a este tipo de resíduo. Admite-se ainda que a

secagem é mais lenta quanto maior for a percentagem de resíduo introduzida e que é mais rápida com o decorrer do período de cura das argamassas. (Matias, 2014) (APFAC)

Mais importante do que a verificação destes requisitos, trata-se de comparar os resultados obtidos para possíveis argamassas de reparação com as características das argamassas originais.

Durante a dissertação “Caracterização de materiais construtivos dos edifícios do Buçaco” executaram-se alguns ensaios de determinação de características mecânicas e de comportamento na presença de água das argamassas recolhidas em locais com revestimentos embrechados. Na tabela 44 são apresentados os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão (R_c) e absorção da água por capilaridade (C) das argamassas em causa. É de lembrar que os valores da tabela 43 e os resultados obtidos em laboratório não são concordantes ao nível de tempo de cura, podendo as argamassas em causa terem 200 anos ou até nem se tratarem de argamassas originais.

Tabela 44. Valores de resistência à compressão e absorção da água por capilaridade das argamassas originais retiradas de locais com embrechados. (Ferreira, 2014)

<i>Identificação da argamassa</i>	<i>R_c (MPa)</i>	<i>C (kg/(m².min^{0.5}))</i>
C1-AA	1,90	1,69
C1-AR	2,23	0,99
C3-AR	3,01	1,99
Cap27-ARI	1,01	1,83
Cap27-ARII	2,35	0,90
Cap29-AR	-	1,24

Pela análise da tabela anterior e comparando estes valores com os resultados obtidos para as argamassas formuladas em laboratório, verifica-se que as argamassas de reparação SR e CR10 são mecanicamente compatíveis com as originais.

Na tabela 42, onde também constam valores de referência para o comportamento na presença de água das argamassas, é possível avaliar que o comportamento das argamassas originais (Tabela 44) na presença de água não é favorável, visto apresentarem valores superiores a 1,5 kg/(m².min^{0.5}).

Através das tabelas 45 e 46, é possível avaliar, respetivamente, as diferenças químicas e mineralógicas entre o material embrechado selecionado e as amostras recolhidas no Buçaco. Pretendia-se que a amostra RCF.1 tivesse uma composição idêntica/ similar com o material Q, assim como a RCF.2 como o material C e a RCF.4 com o B.

Tabela 45. Comparação dos resultados fluorescência raios-X (FRX) entre as amostras recolhidas e as selecionadas para execução dos trabalhos laboratoriais

<i>Composição Química</i>	<i>Amostras Recolhidas</i>			<i>Material Selecionado</i>		
	RCF.1	RCF.2	RCF.4	Q	C	B
Na ₂ O	0,019	0,249	0,119	0,047	0,248	2,722
MgO	0,054	2,251	0,835	0,150	1,792	8,248
Al ₂ O ₃	0,133	21,887	5,872	1,341	22,281	16,340
SiO ₂	99,531	60,874	23,656	97,434	63,493	45,925
P ₂ O ₅	Nd	0,082	0,402	0,015	0,072	0,403
SO ₃	0,019	0,044	0,144	0,026	0,131	0,108
Cl	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	0,108
K ₂ O	0,019	4,076	1,159	0,403	4,377	1,452
CaO	0,026	1,147	0,721	0,098	0,418	9,104
TiO ₂	Nd	0,925	0,351	0,008	0,866	1,714
MnO	Qm	0,038	3,336	Qm	0,045	0,184
Fe ₂ O ₃	0,039	6,367	63,044	0,132	5,529	12,780
LOI	0,160	1,800	0,230	0,320	0,390	0,670

Nd-não definido; Qm-quantidades menores

Tabela 46. Comparação dos resultados difractometria raios-X (DRX) entre as amostras recolhidas e as selecionadas para execução dos trabalhos laboratoriais

<i>Minerais Presentes</i>	<i>Amostras Recolhidas</i>			<i>Material Selecionado</i>		
	RCF.1	RCF.2	RCF.4	Q	C	B
Quartzo	++++	++++	Vstg.	++++	++++	Vstg.
Feldspatos	-	+	Vstg.	-	+	Vstg.
Filossilicatos	-	Vstg.	Vstg.	-	Vstg.	-
Olivina	-	-	++++	-	-	-
Plagioclase	-	-	-	-	-	++
Piroxenas	-	-	Vstg.	-	-	++++

++++ para abundante a + presente; Vstg- Vestigial

Os resultados das análises mineralógicas, que constam na tabela 46, revelam que apenas o material B apresenta minerais distintos da amostra RCF.4. A amostra RCF.4 possui em maior abundância minerais do grupo das olivinas, enquanto que o material B não possui olivinas e apresenta em maior quantidade minerais do grupo das piroxenas. Com alguma relevância apresenta também plagioclase.

A análise da tabela 45, exibe que quimicamente as amostras RCF.1 e o material Q são idênticos, assim como o conjunto RCF.2 e C.

As disparidades são visíveis na amostra RCF.4 e material B. O composto químico que aparece com percentagens mais diferentes entre estas amostras é o óxido de ferro. A amostra recolhida no Convento do Buçaco revela cerca de 63% de Fe_2O_3 e em contrapartida o material B só tem 13%. O óxido de magnésio apresenta-se em maior quantidade no material B assim como os óxidos de magnésio, alumínio e silício

Apesar dos resultados do ensaio de aderência não se mostrarem conclusivos, importa salientar que a adesão existente entre os constituintes do conjunto do revestimento é forte, uma vez que a maioria das roturas se deram na interface suporte/argamassa. Este resultado é interessante, uma vez que alguns dos visitantes deste conjunto monumental gostam de levar como lembrança algumas rochas dos panos embrechados existentes.

Através da análise qualitativa realizada aos provetes testados no ensaio do envelhecimento artificial acelerado, verificou-se que a argamassa com 50% de resíduo apresentava problemas de fissuração relevantes. A elevada percentagem de material cerâmico na argamassa juntamente com a quantidade de água usada na amassadura da mesma é o responsável por este tipo de patologia. A quantidade de água de amassadura deve ser inferior à usada, de forma a garantir um espalhamento mínimo de 140mm.

A colonização biológica observada nos provetes do ensaio do envelhecimento apenas foi visível nas rochas basalto. Este tipo de patologia, no Buçaco, também surge com maior intensidade nas pedras de coloração escura.

8. CONCLUSÃO

O principal objetivo desta dissertação residiu na sua contribuição para o desenvolvimento do estudo dos embrechados, um revestimento que se encontra esquecido e que faz parte da história e património nacionais. É um revestimento que pode ter a simplicidade do exemplo do Convento de Santa Cruz, no Buçaco ou atingir o patamar de exuberância evidente no Palácio Fronteira, em Lisboa; contudo, ambos os exemplos referidos possuem elevado valor plástico e decorativo, para além do valor patrimonial. Tal como foi mencionado ao longo da dissertação, existem inúmeros locais que detêm estas obras de arte, algumas delas em mau estado de conservação, tornando-se assim extremamente importante estudar este tema, analisar e conseguir desenvolver estratégias favoráveis para a sua reabilitação.

Para o caso de estudo dos embrechados do Buçaco, realizou-se a amostragem de materiais que compõem este revestimento, constituído por argamassa de assentamento e material embrechado. A recolha destes materiais permitiu realizar um estudo sobre a sua constituição química e mineralógica.

Através das análises de difractometria raios-X e fluorescência raios-X verificou-se que os exemplares de rocha recolhidos no Convento e Via-Sacra são compostos maioritariamente pelo mineral quartzo, sendo que alguns deles se apresentam quase como minerais puros (98-99% de quartzo). Provou-se a inexistência de basalto, nas amostras recolhidas. Um basalto é uma rocha que tem como principais minerais a plagioclase e as piroxenas e acessoriamente poderá ter minerais do grupo das olivinas. A amostra do material negro menos poroso tem como mineral principal as olivinas e como mineral secundário a piroxena. A composição mineralógica apresentada pela amostra RCF.4 é característica de um dunito. Um dunito é uma rocha metamórfica, mas apresenta na sua constituição uma percentagem de cerca de 90% de olivina e escassas piroxenas (UNESP, s.d.). As argamassas estudadas revelam a existência de uma grande variabilidade nos traços usados e os agregados têm curvas granulométricas distintas. Através das análises químicas e mineralógicas, comprovou-se que o ligante usado se tratava de cal aérea e o agregado é quartzoso.

Analizados os resultados de caracterização química e mineralógica, criaram-se três argamassas de reparação compatíveis com as do local em estudo e seleccionou-se o material embrechado. A seleção de materiais permitiu a execução de provetes que foram posteriormente testados e a concretização de uma simulação do revestimento embrechado para o estudo da técnica da sua elaboração.

Posteriormente realizaram-se os ensaios das soluções adotadas, tendo-se executado para tal a caracterização das argamassas de reparação, do material usado e do revestimento que serviu como base para o desenvolvimento das argamassas de reparação. Os ensaios realizados às argamassas de reparação permitiram avaliar o seu comportamento aos 28 dias, verificando-se que as argamassas SR e CR10 apresentam compatibilidade química, mineralógica, física e mecânica com as existentes no Buçaco. Através do ensaio de envelhecimento artificial acelerado, foi possível avaliar que a argamassa CR50 apresentou degradação acentuada (fissurações/ empolamentos/ destacamentos), pelo que não deve usada como argamassa de substituição.

Sendo que a técnica de aplicação do revestimento, nomeadamente da argamassa, tem um papel tão fundamental como a sua compatibilização física, mecânica, mineralógica e química, executou-se em laboratório uma simulação deste tipo de revestimento. Este ensaio revelou, tal como expectável, que a sua execução é bastante morosa.

Apesar do que foi exposto, é extremamente importante referir que as ações de intervenção ao revestimento devem ser realizadas tendo sempre em atenção o seu grau de degradação, devendo optar-se, sempre que possível, por salvaguardar a autenticidade histórica deste. Esta salvaguarda será possível através de ações de conservação, manutenção e restauro que devem ser executadas durante toda a existência do revestimento.

9. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Sendo este um tipo de revestimento pouco estudado, são vários os ensaios que de futuro podem ser realizados, entre eles, destaca-se:

- Aplicação das argamassas “*in situ*” e execução de ensaios de avaliação mecânica e de comportamento na presença de água. As argamassas realizadas foram analisadas em condições laboratoriais onde a temperatura e humidade não são comparáveis com o local em estudo;
- Reduzir a quantidade de água de amassadura nas argamassas para valores que permitam garantir um espalhamento mínimo de 140mm e realizar novos ensaios. Ao diminuir a quantidade de água na argamassa prevê-se uma redução nos problemas de fissuração e a obtenção de resistências mecânicas superiores;
- Realizar os ensaios de caracterização mecânica e de comportamento à água em idades de cura mais avançadas, às argamassas formuladas, nomeadamente aos 60, 90 e 180 dias;
- Repetição do ensaio de aderência ao conjunto do revestimento embrechado;
- Realizar novas análises químicas e mineralógicas ao material embrechado de coloração negra do Buçaco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (s.d.). Obtido de Fundação Mata Buçaco: <http://www.fmb.pt/v2/pt/>
- (s.d.). Obtido de Bussaco Palace Hotel: <http://www.bussacopalace.com/pt>
- Albergaria, I. S. (1997). Os embrechados na arte portuguesa dos jardins. *Revista Arquipélago*.
- Antunes, R. M. (2013). *Argamassas de cal hidráulica natural NHL5-Influência do teor em metacaulino, da cura e da idade*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- APFAC. (s.d.). Obtido de http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/Paper%208_2012.pdf
- Argamassas, D. (s.d.). Obtido de <http://www.ddlarg.com/servicos/caracterizacao-de-materiais/>
- *Best Net Leilões*. (s.d.). Obtido de <http://www.bestnetleiloes.com/pt/leiloes/varios-10/travessa-em-faianca-em-gaia>
- Bluteau, R. (1713). *Vocabulário Portuguez e Latino*. Coimbra: Real Collegio das Artes da Companhia de Jesus.
- Bluteau, R. (1789). *Diccionario Lingua Portugueza*. Lisboa: Officina de Simão Thaddeo Ferreira.
- *Câmara Municipal da Mealhada*. (s.d.). Obtido de <http://www.cm-mealhada.pt/>
- CEN. (1998). EN 1015-3. *Methods of test for mortar for masonry - Part 3: Determination of consistence of fresh mortar (by flow table)*. Brussels.
- CEN. (1999). EN 1015-11. *Methods of test for mortar for masonry - Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar*. Brussels.

- CEN. (2000). EN 1015-12. *Methods of test for mortar masonry- Part 12: Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates*. Brussels.
- CEN. (2002). EN 1015-18. *Methods of test for mortar masonry- Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar*. Brussels.
- Constancio, F. S. (1854). *Novo Dicionario Critico e Etymologico da Lingua Portuguesa* (5ª ed.). Paris: Editora Angelo Francisco Carneiro Filho.
- d'Assumpção, T. L. (1895). *Diccionario dos Termos d'Architectura*. Lisboa: Typographia da Companhia Nacional Editora.
- Ferreira, F. B. (2014). *Caracterização de materiais construtivos dos edifícios do Buçaco*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- IQP. (2000). NP EN 933-1. *Ensaaios das propriedades geométricas dos agregados - Parte 1: Análise granulométrica. Método de peneiração*. Monte da Caparica.
- IQP. (2002). NP EN 1097-3. *Ensaaios das propriedades mecânica e físicas dos agregados - Parte 3: Determinação da baridade e do volume de vazios*. Caparica.
- IQP. (2002). NP EN 1097-3. *Ensaaios das propriedades mecânicas e físicas dos agregados-Parte 3: Determinação da baridade e do volume de vazios*.
- LNEC. (2002). *Revestimentos de paredes. Ensaio de absorção de água sob baixa pressão*. Lisboa .
- LNEG. (2010). *Carta Geológica de Portugal*.
- Machado, Z. M. (s.d.). Obtido de http://www.anpap.org.br/anais/2011/pdf/chtca/zeila_maria_de_oliveira_machado.pdf

- Matias, G. M. (2014). *Argamassas de reabilitação com resíduos de cerâmica*. Coimbra: Universidade de Coimbra .
- Meco, J. (Março de 2004). Conjunto Monumental da Mata do Buçaco. *Revista Semestral de Edifícios e Monumentos*.
- Monteiro, D. M. (2012). *Ensaio de envelhecimento a sistemas azulejares de fachada*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- *Panoramio*. (s.d.). Obtido de <http://www.panoramio.com/>
- Rodrigues, F. d. (1875). *Diccionario Techino e Historico de pintura, esculptura, architectura e gravura*. Lisboa: Imprensa Nacional.
- RTP (Realizador). (2014). *Os Jardins do Palácio Fronteira* [Filme].
- Sabugosa, C. (1921). *Embrechados* (3º ed.). Lisboa: Sociedade Editora.
- Segurado, J. E. (1923). *Acabamentos das Construções - estuques, pinturas, etc.* Lisboa: Livraria Aillaud e Bertrand.
- Silva, A. L. (2012). *Os embrechados do Paço das Alcáçovas* (1ª ed.). Lisboa: Esfera do Caos.
- *Sistema de Informação para o Património Arquitectónico* . (s.d.). Obtido de http://www.monumentos.pt/Site/APP_PagesUser/Default.aspx
- *UNESP*. (s.d.). Obtido de <http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/magmaticos/dunito.html>
- Veiga, M. d. (2003). Argamassas para revestimento de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes. *Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios*. Lisboa: LNEC.
- Veiga, R. P. (2014). *Análise de risco - Via-Sacra do Buçaco*. Aveiro: Universidade de Aveiro.

- Velosa, A. L. (2006). *Argamassas de cal com pozolanas para revestimento de paredes antigas*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- *Weather Avenue*. (s.d.). Obtido de <http://www.weatheravenue.com/pt/europe/pt/aveiro/bucaco-catalogo.html>
- *Web Mineral*. (s.d.). Obtido de <http://webmineral.com/>

ANEXO A – LOCAIS COM EMBRECHADOS EM PORTUGAL

A.1 - Construções executadas com embrechados no século XVIII. (Silva, 2012)

<i>Identificação</i>	<i>Localização</i>	<i>Materiais Empregues</i>
Convento de São Paulo de Alferrara	Palmela	- Conchas da nossa costa, fragmentos de vidro verde, porcelanas da Companhia das Índias, escórias negras e calcite rosa.
Convento de São Paulo da Ossa	Redondo	- Conchas, pedras, porcelana azul e branca e vidro.
Paço da Mitra	Évora	- Conchas.
Palácio do Correio-Mor	Loures	- Louças, cerâmicos e pedras.
Palácio dos Giões	Lisboa	- Faiança, pedras e vidros de várias cores.
Palácio Marquês de Pombal	Oeiras	- Porcelana, contas vítreas, vidros e pedras.
Palácio Pombal	Lisboa	- Pedras de cor rosa, preta e branca, contas de vidro pretas, conchas e porcelanas da Companhia das Índias.
Quinta dos Azulejos	Lumiar	- Conchas e de pedras brancas e rosas.
Quinta dos Bonecos	Setúbal	- Cerâmicos e materiais vítreos.
Quinta do Devisme	São Domingos de Benfica	- s/ informação.
Quinta da Nossa Senhora da Piedade	Póvoa de Santa Iria	- s/ informação.
Quinta de São José	Sacavém	- Conchas.

A.2. - Construções executadas com embrechados no século XIX. (Silva, 2012)

<i>Identificação</i>	<i>Localização</i>	<i>Materiais Empregues</i>
Antigo Paço Episcopal do Fontelo	Viseu	- Conchas.
Convento de Santa Clara Quinta das Cruzes Bom Sucesso Palmeira	Funchal	- Pedras vulcânicas de cor ferrosa.
Fonte das Fontainhas	Lisboa	- Conchas.
Hospital Miguel Bombarda	Lisboa	- Pedras negras, vermelhas e brancas.
Igreja e Convento de N. ^a S. ^a de Marvila	Lisboa	- Conchas.
Jardim Miradouro de São Pedro de Alcântara	Lisboa	- Vidros, conchas e búzios.
Monte do Barrocal	Évora	- s/ informação.
Paço de Maiorca	Figueira da Foz	- Conchas, concreções calcárias e quartzitos.
Convento de Santa Cruz	Buçaco	- Abordado ao longo desta dissertação
Palácio e Quinta de Estói	Faro	- Pedras tricolores (preto, branco e rosa), conchas e fragmentos rochosos de cor vermelha e negra.
Quinta do Cabeço D'EL Rei	Leiria	- Conchas.
Quinta da Côca	Gavião	- Pedras de duas cores.
Quinta do Conde do Paço	Lumiar	- Conchas, búzios e pedras.
Quinta do Conventinho	Loures	- Azulejos, porcelanas, faiança, vidros, pedras, concreções, conchas e peças de terracota.
Quinta das Machadas	Setúbal	- Vidros, porcelanas, faiança, búzios, conchas, azulejos, contas, missangas.
Quinta da Nova Assunção	Belas	- Contas e conchas.
Quinta Santo António	Lumiar	- Pedras de cor negra e branca.

<i>Identificação</i>	<i>Localização</i>	<i>Materiais Empregues</i>
Quinta da Saúde	Setúbal	- Conchas e materiais cerâmicos para o revestimento.
Seminário M.Franciscanas	Carnide	- Pedras de cor branca, negra e rosa.

A.3 - Construções executadas com embrechados no século XX. (Silva, 2012)

<i>Identificação</i>	<i>Localização</i>	<i>Materiais Empregues</i>
Casa Particular	Luso	- Pedras negras, brancas e fragmentos de barro vermelho.
Fonte dos Castanheiros	Caneças	- Pedras negras e brancas, conchas e búzios.
Fonte dos Passarinhos	Caneças	- Pedras negras e brancas, conchas, búzios e cerâmica de barro vermelho.
Fonte de Castelo de Vide	Caneças	- Revestimento cerâmico de muitas cores.
Fonte pública	Luso	- Embrechados de pedras brancas, pretas e róseas.
Miradouro dos Capuchos Convento dos Capuchos	Costa da Caparica	- Faiança, búzios, conchas e azulejos.
Quinta das Conchas	Seixal	- Conchas
Quinta da Fidalga	Seixal	- Pedras de várias cores, vidros, azulejo, faiança e conchas.
Quinta de Santo Amaro	Palmela	- Vidros.
Quinta das Torres	Amadora	- Conchas, faiança, vidro e fragmentos de louças.

ANEXO B – FICHA TÉCNICA DA CAL AÉREA LUSICAL H100



Granulometria:	
Retido a 125 microns	≤ 0%.
Teor em Água livre	≤ 1%.
Estabilidade (expansão)	≤ 0,2%.
Teor em Ca(OH)₂	≥ 93%.
Teor em MgO	≤ 3%.
Densidade aparente na ordem de 0,5.	

Lusical H100

DESCRIÇÃO

A **Lusical H100** é uma cal de construção utilizada como ligante, individual ou incorporada nas misturas formuladas. É aplicada principalmente nos rebocos, e numa forma geral na construção civil.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS e QUÍMICAS

Determinadas pelos métodos Laboratório Grupo em conformidade com os modos operatórios normalizados

Nos produtos formulados,
 - a granulometria da **Lusical H100** otimiza a eficácia do produto acabado.
 - sua brancura garante uma qualidade constante dos rebocos.
 - seu forte teor em hidróxido de cálcio dá ao reboco a trabalhabilidade e sua permeabilidade ao ar

DOSAGEM e APLICAÇÃO

A **Lusical H100** é entregue sob a forma pulverulenta. Sua dosagem é feita a partir do silo de armazenamento. Ela é extraída do silo com a ajuda de equipamentos de descolmatação como fundos vibrantes, canhões de ar, ou desagregadores rotativos. O produto é transportado por parafusos sem fim. Os materiais de dosagem devem ter em conta as características físicas do produto - densidade, fluidez - respondendo às exigências de precisão requeridas.

CONDICIONAMENTO

Entregue em saco, big-bag e em cisterna, a **Lusical H100** é armazenada em silos estanques.

DADOS de SEGURANÇA

Ficha de segurança: Hidróxido de Cálcio.

O produtor garante que todas as diligências são efectuadas para o respeito dos critérios definidos. No entanto, trata-se de produtos naturais que podem apresentar ligeiras variações nas características físico-químicas sem incidência notável sobre a qualidade do produto

LUSICAL

F.P. 351 - CH 01 B - 06 / 2010



01- 06-2010

Valverde—2025-201 Alcanede - Portugal
 Telefone (+351)243 409 040: - Fax (+351) 243 400 474—E-mail: info.lusical@lhoist.com

ANEXO C – DADOS RECOLHIDOS PARA A DEFINIÇÃO DO CICLO DE VERÃO

	<i>Dia</i>	<i>Temp. Máxima (°C)</i>	<i>Temp. Mínima (°C)</i>	<i>Humidade</i>
Junho	21 Jun.	40	10	72%
	22 Jun.	28	11	76%
	23 Jun.	29	11	72%
	24 Jun.	32	12	76%
	25 Jun.	34	10	63%
	26 Jun.	37	13	76%
	27 Jun.	37	11	70%
	28 Jun.	32	10	84%
	29 Jun.	37	11	52%
	30 Jun.	39	11	45%
Julho	1 Jul.	30	12	69%
	2 Jul.	28	10	79%
	3 Jul.	32	12	74%
	4 Jul.	37	12	76%
	5 Jul.	43	11	57%
	6 Jul.	40	12	67%
	7 Jul.	41	12	61%
	8 Jul.	39	14	51%
	9 Jul.	39	14	43%
	10 Jul.	32	10	79%
	11 Jul.	33	10	83%
	12 Jul.	32	10	61%
	13 Jul.	31	12	86%
	14 Jul.	32	13	82%
	15 Jul.	31	13	94%
	16 Jul.	33	11	78%
	17 Jul.	31	10	94%
	18 Jul.	31	10	93%
	19 Jul.	29	9	92%
	20 Jul.	27	8	81%
	21 Jul.	32	10	73%
	22 Jul.	33	11	89%
	23 Jul.	29	12	75%
	24 Jul.	28	12	71%
	25 Jul.	30	10	86%
	26 Jul.	32	11	67%

	<i>Dia</i>	<i>Temp. Máxima (°C)</i>	<i>Temp. Mínima (°C)</i>	<i>Humidade</i>
Julho	27 Jul.	33	13	84%
	28 Jul.	31	11	62%
	29 Jul.	34	14	59%
	30 Jul.	39	15	54%
	31 Jul.	32	13	81%
Agosto	1 Ago.	29	14	79%
	2 Ago.	26	10	72%
	3 Ago.	26	11	87%
	4 Ago.	29	11	74%
	5 Ago.	28	13	91%
	6 Ago.	29	13	75%
	7 Ago.	29	12	78%
	8 Ago.	30	12	70%
	9 Ago.	36	16	74%
	10 Ago.	39	14	68%
	11 Ago.	36	14	61%
	12 Ago.	30	13	84%
	13 Ago.	35	13	58%
	14 Ago.	38	13	78%
	15 Ago.	34	9	83%
	16 Ago.	32	11	78%
	17 Ago.	37	13	69%
	18 Ago.	32	10	87%
	19 Ago.	34	9	53%
	20 Ago.	39	9	58%
	21 Ago.	32	9	93%
	22 Ago.	29	10	64%
	23 Ago.	30	10	92%
	24 Ago.	31	12	57%
	25 Ago.	32	15	73%
	26 Ago.	34	14	71%
	27 Ago.	36	14	74%
	28 Ago.	35	14	66%
	29 Ago.	33	8	62%
	30 Ago.	36	13	53%
	31 Ago.	38	14	73%
Setembro	1 Set.	38	16	66%
	2 Set.	39	16	60%
	3 Set.	37	12	77%
	4 Set.	35	11	74%
	5 Set.	30	10	56%
	6 Set.	30	12	75%
	7 Set.	28	10	66%

Setembro	8 Set.	28	12	60%
	9 Set.	31	12	85%
	10 Set.	32	16	84%
	11 Set.	33	11	64%
	12 Set.	37	15	58%
	13 Set.	37	15	43%
	14 Set.	34	14	66%
	15 Set.	31	14	67%
	16 Set.	30	14	84%
	17 Set.	30	14	69%
	18 Set.	28	14	87%
	19 Set.	31	10	76%
	20 Set.	35	14	75%
	21 Set.	38	14	52%
	22 Set.	37	13	68%
Valores Máximos e Mínimos		43	8	94%

ANEXO D – DADOS RECOLHIDOS PARA A DEFINIÇÃO DO CICLO DE INVERNO

	<i>Dia</i>	<i>Temp. Máxima (°C)</i>	<i>Temp. Mínima (°C)</i>	<i>Humidade</i>
Dezembro	21 Dez.	19	4	81%
	22 Dez.	20	1	90%
	23 Dez.	17	4	91%
	24 Dez.	19	5	89%
	25 Dez.	16	4	85%
	26 Dez.	18	4	91%
	27 Dez.	16	3	81%
	28 Dez.	15	2	81%
	29 Dez.	14	-1	68%
	30 Dez.	15	1	81%
	31 Dez.	15	1	88%
Janeiro	1 Jan.	20	4	82%
	2 Jan.	15	4	100%
	3 Jan.	18	5	83%
	4 Jan.	20	5	75%
	5 Jan.	17	1	84%
	6 Jan.	18	3	97%
	7 Jan.	18	3	88%
	8 Jan.	17	5	81%
	9 Jan.	21	5	80%
	10 Jan.	19	3	98%
	11 Jan.	17	3	82%
	12 Jan.	17	5	91%
	13 Jan.	15	1	83%
	14 Jan.	15	3	92%
	15 Jan.	13	1	90%
	16 Jan.	13	0	85%
	17 Jan.	14	5	90%
	18 Jan.	17	2	96%
	19 Jan.	12	2	82%
	20 Jan.	18	2	79%
	21 Jan.	18	2	88%
	22 Jan.	17	0	94%
	23 Jan.	17	4	84%
	24 Jan.	19	4	74%
	25 Jan.	18	3	91%

	<i>Dia</i>	<i>Temp. Máxima (°C)</i>	<i>Temp. Mínima (°C)</i>	<i>Humidade</i>
Janeiro	26 Jan.	16	3	79%
	27 Jan.	17	3	77%
	28 Jan.	15	3	89%
	29 Jan.	17	2	89%
	30 Jan.	15	8	92%
	31 Jan.	14	3	97%
	20 Jan.	18	2	79%
	21 Jan.	18	2	88%
	22 Jan.	17	0	94%
	23 Jan.	17	4	84%
	24 Jan.	19	4	74%
	25 Jan.	18	3	91%
	26 Jan.	16	3	79%
	27 Jan.	17	3	77%
	28 Jan.	15	3	89%
	29 Jan.	17	2	89%
	30 Jan.	15	8	92%
	31 Jan.	14	3	97%
Fevereiro	1 Fev.	12	4	90%
	2 Fev.	12	4	84%
	3 Fev.	10	2	90%
	4 Fev.	11	-3	73%
	5 Fev.	15	0	84%
	6 Fev.	14	0	84%
	7 Fev.	13	0	64%
	8 Fev.	14	2	79%
	9 Fev.	14	2	80%
	10 Fev.	17	3	75%
	11 Fev.	16	0	68%
	12 Fev.	15	3	92%
	13 Fev.	17	3	96%
	14 Fev.	16	5	85%
	15 Fev.	17	0	90%
	16 Fev.	16	2	79%
	17 Fev.	17	1	74%
	18 Fev.	17	1	86%
	19 Fev.	17	3	83%
	20 Fev.	15	4	91%
	21 Fev.	14	4	84%
	22 Fev.	16	5	85%
	23 Fev.	17	1	68%
	24 Fev.	13	0	82%

	<i>Dia</i>	<i>Temp. Máxima (°C)</i>	<i>Temp. Mínima (°C)</i>	<i>Humidade</i>
Fevereiro	25 Fev.	14	0	70%
	26 Fev.	17	0	79%
	27 Fev.	15	2	74%
	28 Fev.	15	1	73%
Março	1 Mar.	15	1	95%
	2 Mar.	18	6	82%
	3 Mar.	18	8	79%
	4 Mar.	18	6	81%
	5 Mar.	19	4	75%
	6 Mar.	24	4	59%
	7 Mar.	24	8	81%
	8 Mar.	23	8	81%
	9 Mar.	24	5	64%
	10 Mar.	26	4	77%
	11 Mar.	22	2	83%
	12 Mar.	24	1	84%
	13 Mar.	23	1	82%
	14 Mar.	18	3	54%
	15 Mar.	23	6	67%
	16 Mar.	25	6	72%
	17 Mar.	23	3	83%
	18 Mar.	19	2	77%
	19 Mar.	25	6	61%
	20 Mar.	24	6	71%
Valores Máximos e Mínimos		26	-3	100%

